

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh konstrukce polohovacího zařízení  
Hvězdářského dalekohledu

**Design of The Astronomy Telescope  
Pointing Device**

Student:	Marcel Kahaja
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání bakalářské práce

Student: **Marcel Kahaja**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení  
Téma: **Návrh konstrukce polohovacího zařízení Hvězdářského dalekohledu**  
**Design of The Astronomy Telescope Pointing Device**

### Zásady pro vypracování:

Pro vlastní konstrukci zrcadlového dalekohledu navrhnete polohovací zařízení, umožňující plynulou změnu pozorovacích úhlů a potřebnou stabilitu pozorování. Zpracujte rešerši zaměřenou na konstrukce dalekohledů v závislosti na konstrukci jejich polohovacích systémů. Zpracujte variantní řešení konstrukčních návrhů. Pro optimální variantu proveďte kompletní návrh a kritická místa zkontrolujte výpočtem. Zpracujte výkresovou dokumentaci (rozsah upřesní vedoucí práce).

### Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8  
KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3  
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3  
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1  
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8  
LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra-pedagogické nakladatelství, 2003, ISBN 80-86490-74-2

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 17.02.2014

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

.....

podpis studenta

## Prohlašuji, že

- jsem, byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Marcel Kahaja

Adresa trvalého pobytu autora práce: Fulnek, Jerlochovice 43

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kahaja, M. *Návrh konstrukce polohovacího zařízení Hvězdářského dalekohledu : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, (52) s. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Kubín Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem polohovacího zařízení hvězdářského dalekohledu, která bude sloužit k podpoře a pohybu hvězdářského dalekohledu. Úvodem se věnuji historii a rozčlenění hvězdářských dalekohledů a problematikou pozorování hvězdné oblohy. Zaměřil jsem se hlavně na konstrukci Hvězdářského dalekohledu a na jeho funkční využití a design. Cílem této bakalářské práce je vytvořit co nejjednodušší a nejuniverzálnější polohovací zařízení.

## ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Kahaja, M. *Design of a telescope pointing device*: Thesis. Ostrava: VSB-Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014 (52) p Supervisor: Ing. Tomas Kubin Ph.D.

The bachelor thesis deals with the structural design of a telescope pointing device that will be used to support a motion of an astronomical telescope. Introduction deals with the history and the breakdown of telescopes and observing the issue of a starry sky. I focused mainly on the construction of a telescope pointing device and its functional use and design. The aim of this work is to create the simplest and most versatile pointing device.

## Obsah

Seznam použitých symbolů a značek .....	7
Úvod .....	8
1. Pojmy .....	9
2. Rozdělení dalekohledů .....	14
2.1 Refraktor (čočkový, dioptrický) .....	14
2.2 Reflektor (zrcadlový) .....	16
2.3 Katadioptrické systémy .....	18
3. Astronomické montáže .....	19
3.1 Azimutální montáž .....	20
3.2 Paralaktická .....	23
3.3 Automatizované astronomické montáže (GoTo systém) .....	28
3.4 Nástavby .....	28
3.5 Přehled výrobců dalekohledů, montáží a příslušenství .....	31
4. Variantní řešení .....	32
4.1 Stavba polohovacího zařízení .....	32
4.2 Základna montáže .....	36
4.3 Natáčecí vidlice .....	34
4.4 Převod .....	38
4.4 Pohon montáže .....	43
5. Výpočet deformace .....	45
6. Závěr .....	49
Použitá literatura: .....	50
SEZNAM PŘÍLOH .....	52

## Seznam použitých symbolů a značek

<b>Značka</b>	<b>Název</b>	<b>Jednotka</b>
A	rozteč šnekového soukolí	[m]
B	vnitřní průměr	[m]
D <sub>OB</sub>	průměr objektivu	[m]
D <sub>OK</sub>	průměr okuláru	[m]
E	šířka ozubení	[m]
F	síla	[N]
L	délka	[m]
M	moment	[Nm]
P	výkon	[W]
T	perioda	[s]
d	vnější průměr	[m]
d <sub>k</sub>	celkový průměr ozubení	[m]
d <sub>o</sub>	průměr roztečné kružnice ozubení	[m]
f	ohnisková vzdálenost	[m]
f <sub>OK</sub>	ohnisková vzdálenost okulárů	[m]
f <sub>OB</sub>	ohnisková vzdálenost objektivu	[m]
g	tíhové zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
h	výška	[m]
i	převodový poměr	[-]
l	délka	[m]
m	hmotnost	[kg]
m	modul ozubení	[m]
n	otáčky	[s <sup>-1</sup> ]
r	poloměr	[m]
v	rychlost	[m.s <sup>-1</sup> ]
δ	deklinace	[° , ‘ , ‘‘]
ω	úhlová rychlost	[rad.s <sup>-1</sup> ]

## Úvod

Od nepaměti fascinovala lidstvo hvězdná obloha, která je obehnaná tajemstvím, které chce lidstvo najít nebo vysvětlit. Pohyb hvězd, planet a měsíců nám určuje chování a pozorování určitých jevů, jako je den a noc, změnu ročního období, příliv, odliv a také pohyb hvězd na nebi. Abychom porozuměli všemu, je třeba si uvědomit a ujasnit některé pojmy, které se používají v astronomii. Je těžké vybrat ten správný dalekohled z rozsáhlé nabídky rozličných typů dalekohledů a jejich montáží, proto si na úvod musíme osvětlit problematiku astronomického pozorování a jejich využití.



## 1. Pojmy

V této kapitole vysvětluji některé pojmy, které se týkají otáčení Země, vlastosti pozorovaného okolí a vlivy pozorování hvězdařským dalekohledem. Je hodně důležité tyto pojmy znát, pokud chceme vyrábět stativ nebo jen pozorovat noční oblohu dalekohledem.

**Deklinace ( $\delta$ )** je jedna ze dvou souřadnic, pomocí kterých je udaná poloha na nebeské sféře. Deklinace je úhlová vzdálenost od světového rovníku. Hvězdy na rovníku mají deklinaci  $0^\circ$ , směrem na severní pól od  $0^\circ$  do  $90^\circ$  a směrem na jižní pól od  $0^\circ$  do  $-90^\circ$ . Hodnota se udává ve stupních, minutách a vteřinách. Jedná se o obdobu zeměpisné šířky. Pro označení deklinace se používá zkratka **DE** nebo symbol  $\delta$ , viz obr 1.[2]

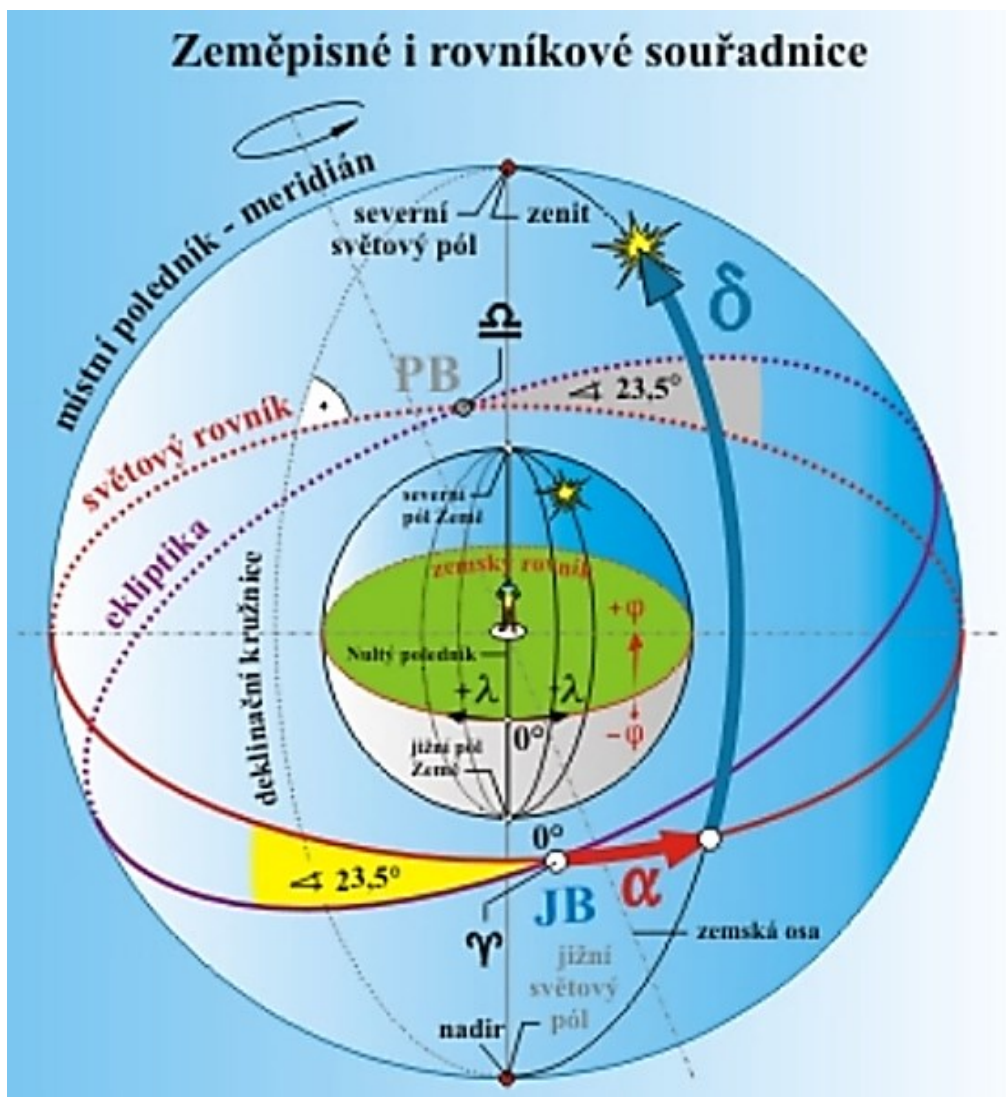
**Rektascenze** je druhá z rovníkových souřadnic sloužící k určení pozice objektu na obloze. Jedná se o úhel mezi deklinační kružnicí procházející hvězdou a deklinační kružnicí procházející jarním bodem. Jedná se o obdobu zeměpisné délky, u které deklinační kružnice procházející jarním bodem odpovídá greenwickskému poledníku. Pro označení rektascenze se používá zkratka **RA** nebo symbol  $\alpha$ , viz obr 1.[2]

**Jarní bod** je bod rovnodennosti, v němž Slunce přechází přes světový rovník z jižní polokoule na severní. Jarní bod je výchozí souřadnicí pro počítání rektascenze v rovníkových souřadnicích, případně astronomické délky v ekliptikálních souřadnicích. Souřadnice jarního bodu jsou  $RA=0^\circ$ ,  $dec.=0^\circ$ , viz obr 1.[2]

**Ekliptika** je průsečíkem roviny ekliptiky a nebeské sféry. Po ekliptice se při pohledu ze Země pohybuje Slunce, blízko ekliptiky se nacházejí i všechny planety a Měsíc. Ekliptika protíná světový rovník v jarním a podzimním bodě, viz obr 1.[2]

**Polární osa** je rovnoběžná se zemskou osou a je to také osa ekvatoreální montáže. Stále míří k pólu. Otáčením kolem polární osy se na dalekohledu nastaví rektascenze neboli hodinový úhel. Polární osa bývá poháněna hodinovým strojkem nebo elektropohonem, který zajišťuje otáčení dalekohledu společně s oblohou, viz obr 1.[2]

**Seeing – (neklid atmosféry)** vypovídá o stabilitě a neklidu atmosféry a má vliv na množství detailů, které budeme schopni rozlišit. Naše atmosféra funguje jako soustava čoček, které lámou a mění směr přicházejícího světla. Jednotlivé vrstvy atmosféry se chovají rozdílně díky různé teplotě, tlaku a hustotě, každá jinak láme světlo. Světlo z jednoho objektu prochází různými cestami a čím neklidnější je atmosféra, tím horší a neklidnější získáme v dalekohledu obraz. Tyto „kazy“ rostou se zvyšujícím se zvětšením. Za výborných podmínek rozeznáme mnoho detailů na planetách a hvězdy budou jako body. Za špatných podmínek nebudeme schopni rozeznat mnoho detailů a zaostřit hvězdy do bodu.[8]



Obr. 1 Zeměpisné a rovníkové souřadnice[1]

## Lidské oko

Proti výstupní pupile přikládáme při pozorování oko, do kterého pak vstupuje světlo zorníčkou. Zorníčka je vlastně oční clonka, která se při vysoké úrovni světla přivírá, naopak za šera a tmy se otevírá a reguluje tak množství světla dopadajícího na sítnici. Malé děti mají rozpětí otevření zorníčky od 2 do 9 mm, ve středním věku se pohybuje od 3 do 7 mm a na stáří se její velikost prakticky stabilizuje okolo 4 mm. Z výše uvedeného vyplývá, proč většina "malých" dalekohledů s výstupní pupilou 3 až 5 mm ukazuje "pěkně" bez rozdílu věku, zatímco u dalekohledů s výstupní pupilou okolo 7 mm dochází ke sporům daným subjektivním vnímáním (nejenom věkem).

**Montáž** je upevnění dalekohledu, které umožňuje nastavení dalekohledu tak, abychom mohly sledovat různé objekty bez velké námahy. Pohybuje se ve dvou osách.

**Zvětšení**  $Z$  je dáno poměrem ohniska objektivu  $f_{OB}$  a ohniska okuláru  $f_{OK}$ , např.  $f_{OB} = 750 \text{ mm}$  a  $f_{OK} = 10 \text{ mm}$ , pak zvětšení  $Z = 75\times$ .

$$Z = \frac{f_{OB}}{f_{OK}}$$

### Minimální použitelné zvětšení dalekohledu

Minimální použitelné zvětšení dalekohledu závisí na výstupní pupile okuláru, vstupní pupile (panence) oka (typicky max. cca 7 mm) a tedy využitelnosti světla shromážděného dalekohledem. Minimální zvětšení se vypočte jako podíl průměru objektivu (čočky, zrcadla) a vstupního otvoru oka (panenky) v mm[6]

$$Z_{\min} = \frac{f_{OB}}{7}$$

### Maximální použitelné zvětšení dalekohledu

Maximální použitelné zvětšení dalekohledu je teoreticky neomezené, prakticky ale závisí na mezní rozlišovací schopnosti konkrétní optické soustavy a realizovatelné konstrukci (ohniskové vzdálenosti) okulárů. Při dosažení maximální rozlišovací schopnosti soustavy již nemá smysl navyšovat zvětšení, protože již nedocílíme zobrazení větších detailů, pak tomu říkáme Jalové zvětšení. Maximální použitelné zvětšení dalekohledu se typicky pohybuje na úrovni dvojnásobku průměru objektivu v mm, prakticky, při započtení všech poruch atmosféry a jiných vlivů snižujících kvalitu pozorování, se ale maximální použitelné zvětšení nejčastěji pohybuje okolo jednonásobku průměru objektivu.[6]

$$Z_{\max} = D_{ob} \cdot 2$$

Příklad: Dalekohled SkyWatcher Newton 10" má průměr primárního zrcadla 254 mm. Maximální použitelné zvětšení je tedy  $Z_{\max} = 254 \times 2 = 508\times$ , reálně ale spíše jen 250x.

### Rozlišovací schopnost ( $\alpha$ )

Rozlišovací schopností se myslí minimální vzdálenost pozorovaných bodových objektů (např. hvězd), při které je dalekohled schopen tyto objekty od sebe odlišit. Rozlišovací schopnost lze přibližně určit jako podíl konstanty 120 a průměru objektivu v mm. Výsledná rozlišovací schopnost je pak vyjádřena v obloukových vteřinách.[6]

$$\alpha = \frac{120}{D_{OB}}$$

Příklad: Dalekohled SkyWatcher Newton 10" má průměr primárního zrcadla 254 mm. Tento dalekohled má rozlišovací schopnosti  $120/254=0,47''$ . Jestliže na povrchu Jupiteru má šířku nějaký pás třeba  $3''$ , bez problémů ho objektivem spatříte.

### Zorné pole

Zorné pole, tedy (pro astronomii) úhlový průměr části oblohy zobrazené dalekohledem, lze přibližně vypočítat jako poměr zorného pole okuláru a zvětšení, kterého s použitím tohoto okuláru s dalekohledem dosáhneme.[6]

$$ZP = \frac{ZP_{OK}}{Z}$$

Příklad: Při použití okuláru 8 mm se zorným polem  $68^\circ$  ve spojení s dalekohledem SkyWatcher Newton 10" dosáhneme 150 násobného zvětšení. Viditelné zorné pole je tedy přibližně  $ZP=68/150=0,45^\circ$ , tj.  $27.2'$ . Měsíc má na obloze průměr  $0.5^\circ$ , a tím pádem ho tímto okulárem celý neuvidíme.

### Minimální pozorovatelná zdánlivá jasnost (magnituda) objektů

Relativní krok mezi jednotlivými magnitudami je 2,5, tedy každá další jednotka magnitudy je 2,5násobkem té předcházející, resp. k pozorování objektů o 1m méně jasných potřebujeme nashromáždit 2,5krát více světla. Základem pro výpočet je fakt, že prostým okem za běžných podmínek můžeme vidět hvězdy o zdánlivé magnitudě cca 6m. Známe-li relativní světelný zisk konkrétního dalekohledu oproti prostému oku, pak můžeme určit reálnou minimální zdánlivou jasnost objektů pozorovatelných konkrétním dalekohledem vyhledáním nejbližší hodnoty v následující řadě:[6]

Tab. 1 Zdánlivá magnituda

zdánlivá magnituda	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
rel. poměr světelného zisku dalekohledu oproti prostému oku	1	2,5	6,3	15,6	39,1	97,7	244,1	610,4	1 525,90	3 814,70	9 536,70

Příklad: Dalekohledem SkyWatcher Newton 10" s rel. poměrem světelného zisku oproti prostému oku 1316 (viz příklad výše) jsme schopni pozorovat hvězdy již od cca  $14^m$ .

**Achromatický objektiv** je takový objektiv, který koriguje barevnou vadu pro dvě vlnové délky (dvě barvy). Ve fotografické praxi to bývá nejčastěji barva modro-fialová a žlutá.

**Apochromatický objektiv (APO)** je takový objektiv, který koriguje barevnou vadu pro tři vlnové délky (tři barvy). Díky této korekci se drží barevná vada v poměrně úzkém pruhu. Apochromatické objektivy jsou objektivy střední a vyšší třídy.

### Světelný zisk dalekohledu

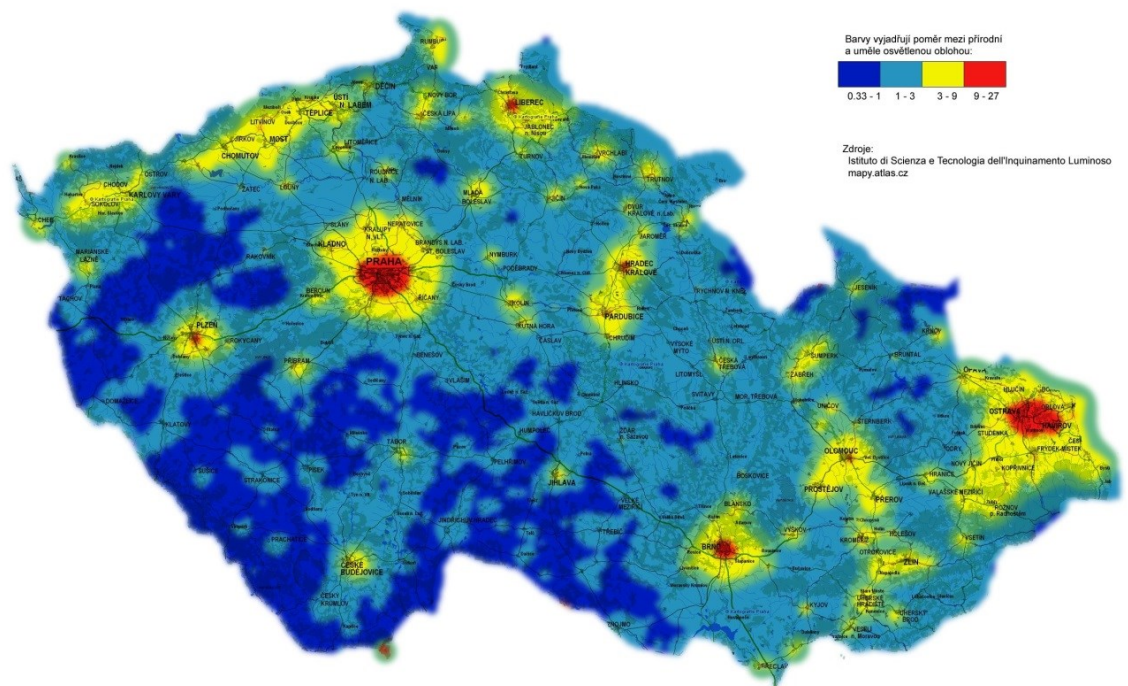
Množství shromážděného světla dalekohledem je přímo úměrné průměru objektivu. Chceme-li zjistit relativní poměr světelného zisku dvou dalekohledů, je třeba vydělit druhé mocniny průměru objektivů těchto dalekohledů. Totéž platí pro porovnání světelného zisku dalekohledu oproti "neozbrojenému" lidskému oku (což je "dalekohled" s průměrem objektivu cca 7 mm).

$$SZ_{REL} = \frac{D_{OB}^2}{D_{OK}^2}$$

Příklad: Dalekohled SkyWatcher Newton 10" má průměr primárního zrcadla 254 mm. Tento dalekohled shromáždí  $254^2/7^2=1316$  krát více světla než prosté lidské oko.

### Světelné znečištění

Za světelné znečištění můžeme považovat veškeré světlo přidané do nočního prostředí, jako je pouliční osvětlení, světla aut, billboardů, budov, které může někoho obtěžovat nebo mu vadit. Vzhledem vzrůstající světelného znečištění musí pozorovatelé noční oblohy hledat místa z co nejmenším znečištěním, viz obr.2.



Obr. 2 Mapa světelného znečištění České republiky, takzvaný světelný smog [3]

## 2. Rozdělení dalekohledů

Tato kapitola pojednává o rozdělení dalekohledů, které se nejvíce používají na pozorování noční oblohy. Je důležité znát jejich výhody a nevýhody týkajících pozorovacích vlastností, složení optiky, velikosti a hmotnosti.

### 2.1 Refraktor (čočkový, dioptrický)

Objektivem i okulárem jsou obvykle soustavy čoček, které se ve výsledcích chovají jako spojky. Tento typ teleskopů (dlouhá tenká trouba) obecně představuje klasickou definici dalekohledu pro astronomická pozorování. Tato konstrukce představuje dobrou volbu při pozorování měsíce a planet.[18]

#### Výhody:

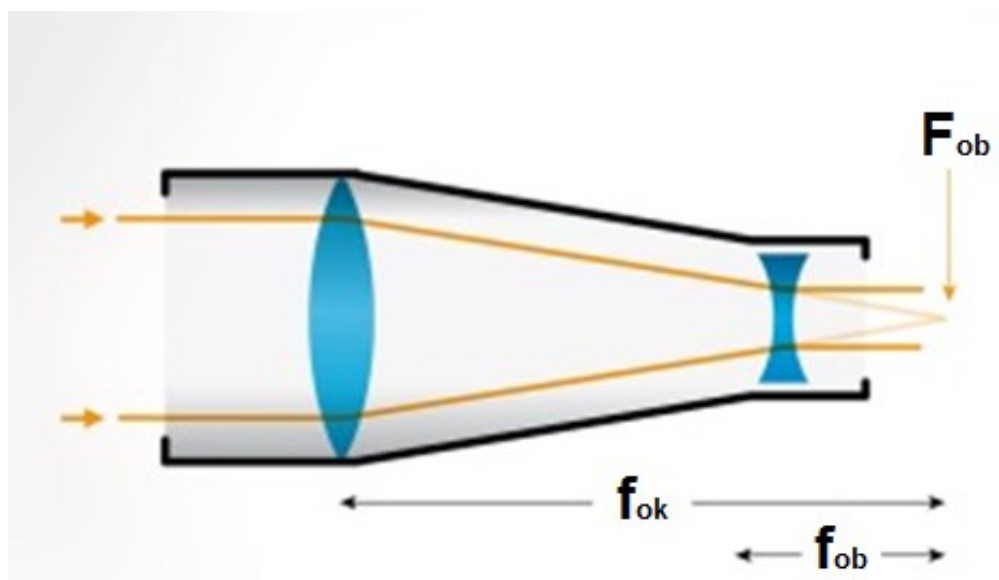
- Jednoduchost použití a spolehlivost.
- Malá, téměř žádná údržba.
- Vhodné pro pozorování Měsíce, planet a jiných světelnějších vesmírných objektů.
- Vhodnější na pozorování dvojhvězd.
- Dobrá barevná korekce s achromatickými objektivy a ještě lepší s apochromatickými.

#### Nevýhody:

- Dražší.
- Těžší, delší a objemnější.
- Cena a velikost omezuje použití větších čoček objektivu (světelnost).
- Méně vhodné na pozorování malých a světelně slabých vesmírných objektů jako vzdálených galaxií a mlhovin.
- Ohnisková vzdálenost je obvykle dlouhá (okolo  $f/11$ ), takže se hůř fotografují pozorované objekty.
- Pozor na nízkou kvalitu některých značek a výrobců.

### Galileův dalekohled

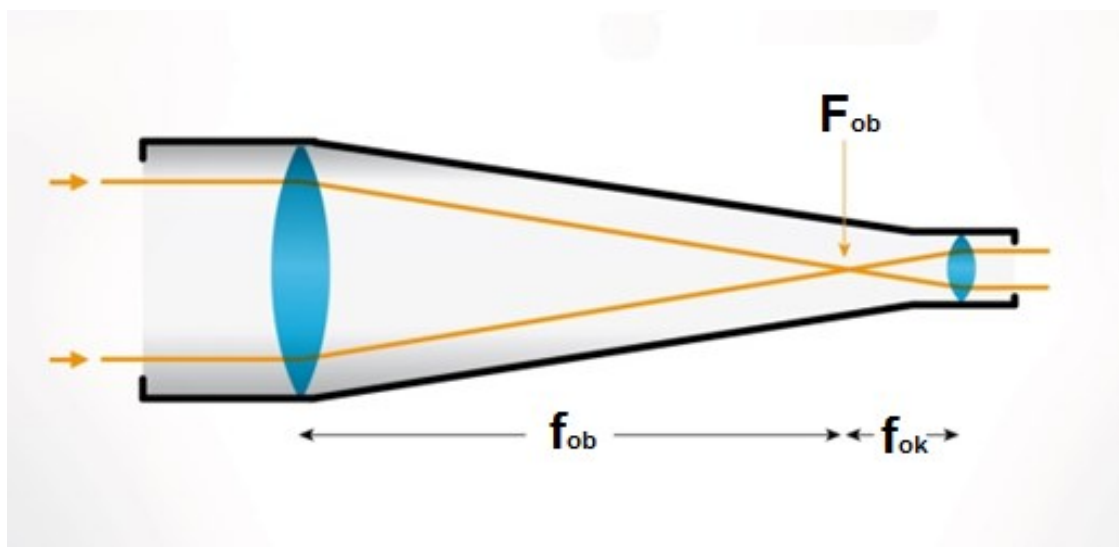
U Galileova dalekohledu se okulár tvořený rozptylkou, nachází ještě před obrazovým ohniskem Fob čočkového objektivu. Dalekohled má proto ve srovnání s jinými typy čočkových dalekohledů kratší délku. Objektiv, okulár a pozorovatelovo oko vytvářejí v případě Galileova dalekohledu jeden optický systém, který promítá obraz pozorovaného předmětu na sítnici oka.



Obr. 3 Galileův dalekohled[5]

### Keplerův dalekohled

Okulár Keplerova dalekohledu se nachází až za ohniskem objektivu  $F_{ob}$ , ve vzdálenosti, která je součtem obrazové ohniskové vzdálenosti objektivu  $f_{ob}$  a okuláru  $f_{ok}$ . Na rozdíl od Galileova dalekohledu dává Keplerův dalekohled obraz výškově i stranově převrácený. Tato vlastnost však astronomům nijak nevadí. Horší je to ale s pozorováním pozemských cílů – tam pomůže pouze další úprava Keplerova dalekohledu, která se používá například v tzv. triedrech.



Obr. 4 Keplerův dalekohled[5]



## Triedr

Triedr neboli binokulární dalekohled je zcela jistě nejrozšířenějším typem dalekohledu. Pozorování oběma očima i malé rozměry z něj dělají uživatelsky velmi přívětivý přístroj. A i když jej většina lidí používá zejména na sledování pozemských cílů, skvěle se hodí také na astronomická pozorování. Triedr s označením 7x50 má 7x zvětšení a 50 mm průměr objektivu.



Obr. 5 Triedr[5]

## 2.2 Reflektor (zrcadlový)

Objektivy těchto teleskopů jsou tvořeny dutými parabolickými (konvexními) zrcadly, které pomocí zákonů lomu vytvářejí obraz. Tento typ je vhodný pro pozorování tzv. Deep sky objektů (mlhoviny, hvězdokupy)[18]

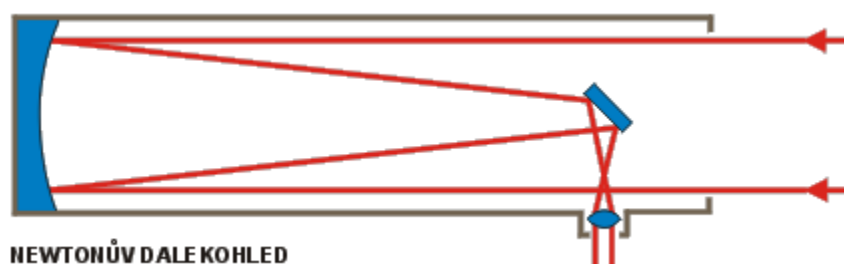
### Výhody:

- Nižší cena oproti refraktorům a Catadioptrickým teleskopům.
- Přiměřeně kompaktní a přenosný.
- Výborný na slabší světelné vesmírné objekty jako vzdálené galaxie, mlhoviny a hvězdné seskupení.
- Dobré pro práci s planetami a Měsícem.
- žádná barevná chyba a otevřená vada.

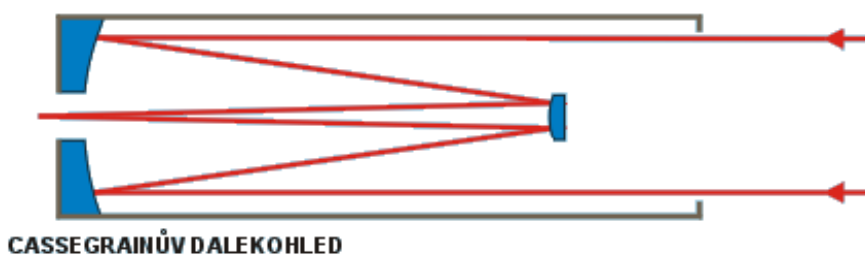


**Nevýhody:**

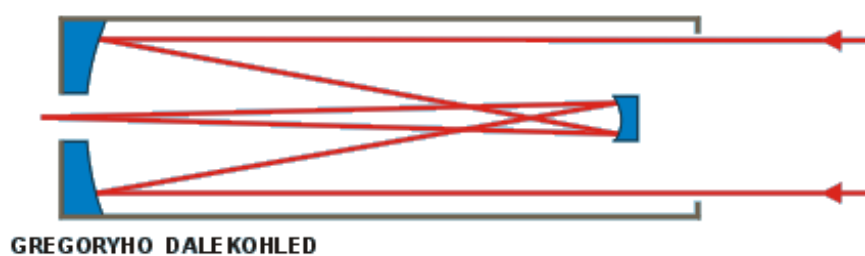
- Otevřené těleso teleskopu je příčinou zkreslení od vzdušných proudů a taky se za určitou dobu zhorší vlastnosti zrcadla, tím utrpí výkon teleskopu.
- Více křehký než Refraktor nebo Catadioptrický teleskop a je náročnější na údržbu.
- Teleskopy s větším vstupným průřezem jsou větší, těžší a obvykle dražší.
- Nejsou vhodné na pozemské pozorování.
- Potřeba ustavovat zrcadlo (kolimaci).



Obr. 6 Newtonův dalekohled[7]



Obr. 7 Cassegrainův dalekohled[7]



Obr.8 Gregoryho dalekohled[7]

### 2.3 Katadioptrické systémy (zrcadlo-čočkový dalekohled)

Reprezentuje kombinaci čočky a zrcadla. Nejznámější provedení jsou Schmidt-Cassegrain a Maksutov-Cassegrain. Výhodou této konstrukce je dosažení velké ohniskové vzdálenosti při malé délce tubusu.

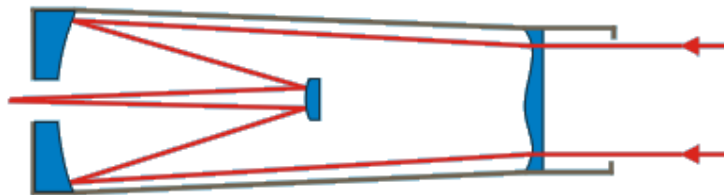
#### Výhody:

- Kombinuje optické výhody reflektorů a refraktorů a potlačuje jejich nevýhody.
- Výborná optika a ostrý obraz v celém vzorném poli.
- Výborný na vesmírné pozorování, i na astrofotografování.
- Má uzavřené těleso teleskopu.
- Kompaktní, přenosný.
- Jednoduché používání.
- Praktická údržba.
- Cena přiměřená kvalitě.

#### Nevýhody:

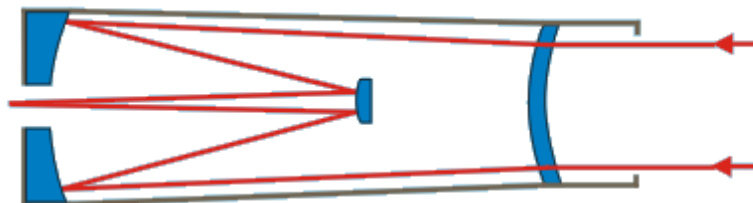
- Dražší oproti teleskopům typu Newton reflektor.
- Více optických prvků, znamená o něco horší rozlišovací schopnosti.

SCHMIDT - CASSEGRAIN



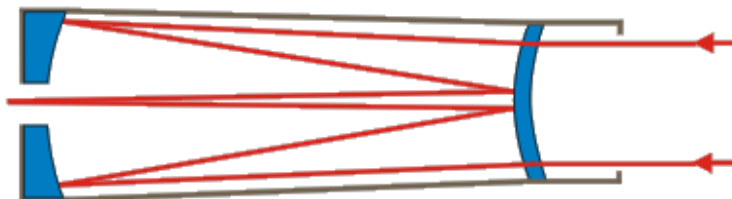
Obr.9 Schmidt-Cassegrainův dalekohled[7]

MAKSUTOV - CASSEGRAIN



Obr.10 maksutov-cassegrainův[7]

MAKSUTOV - GREGORY - CASSEGRAIN



Obr.11 maksutov-gregory-cassegrainův[7]

### 3. Astronomické montáže

Ani sebelepší dalekohled nevyužijete naplno, pokud nebude umístěn na kvalitní astronomické montáži. To platí nejen pro velké přístroje, ale dokonce i pro obyčejný triedr.

Je jasné, že dalekohled vážící několik desítek kilogramů není možné jen tak držet v ruce. Na montáž si, ale určitě vzpomenete i při delším pozorování s docela lehkým triedrem. Neven, že budete mít za chvíli pocit, že vám dalekohled doslova těžkne každým okamžikem, ale unavené ruce se budou také více chvět. Pozorování tudíž nebude příliš příjemné, protože v třesoucím se dalekohledu toho mnoho neuvidíte.

Tyto problémy dokáže vyřešit astronomická montáž. Toto zařízení má hned několik účelů. V první řadě je to nosič samotného dalekohledu, který současně umožňuje jeho natočení do požadovaného směru bez použití větší síly.

Druhou podstatnou funkcí montáží je jejich schopnost vést dalekohled za pozorovaným nebeským objektem tak, aby nezmizel ze zorného pole dalekohledu. Hvězdné nebe je samozřejmě v neustálém pohybu a ještě více tento pohyb vnímá pozorovatel, který oblohu pozoruje přes dalekohled. V tu chvíli totiž sleduje pouze malý úsek oblohy, ve kterém se pohyb nebeských objektů, vyvolaný otáčením Země kolem osy, znatelně projeví. Během čtyř minut se hvězdná obloha pootočí o jeden úhlový stupeň. Ale při větších zvětšeních nejsou výjimkou zorná pole výrazně menších průměrů. Pozorovaný objekt tak může ze zorného pole zmizet dokonce během pár desítek vteřin. Tento problém řeší montáže vybavené elektrickými pohony, které zajistí, že se dalekohled otáčí společně s hvězdnou oblohou.

V praxi se můžete setkat se dvěma základními typy. Tzv. azimutální montáž umožňuje pohyb dalekohledu ve směru azimutálních, neboli obzorníkových souřadnic. Jejím základem je dvojice navzájem kolmých os. Pohyb dalekohledu kolem svislé osy souvisí se změnou azimutu, pohyb kolem vodorovné osy zase se změnou výšky nad obzorem. Díky tomu se azimutální montáž velmi snadno a intuitivně ovládá.

Díky velkým přiblížením dalekohledů, se při natáčení projevuje každá chyba montáže dalekohledu. V dnešní době je standartní periodická chyba u montáží (P.E. periodic error) někde mezi 20'' - 60''(arcsec). U lepších montáží se tato periodická chyba pohybuje okolo 10'' ( $\pm 5''$ ). Vzorec pro určení maximální periodické chyby pointace montáže při zajištění 50 lppm (line pairs per milimeter):

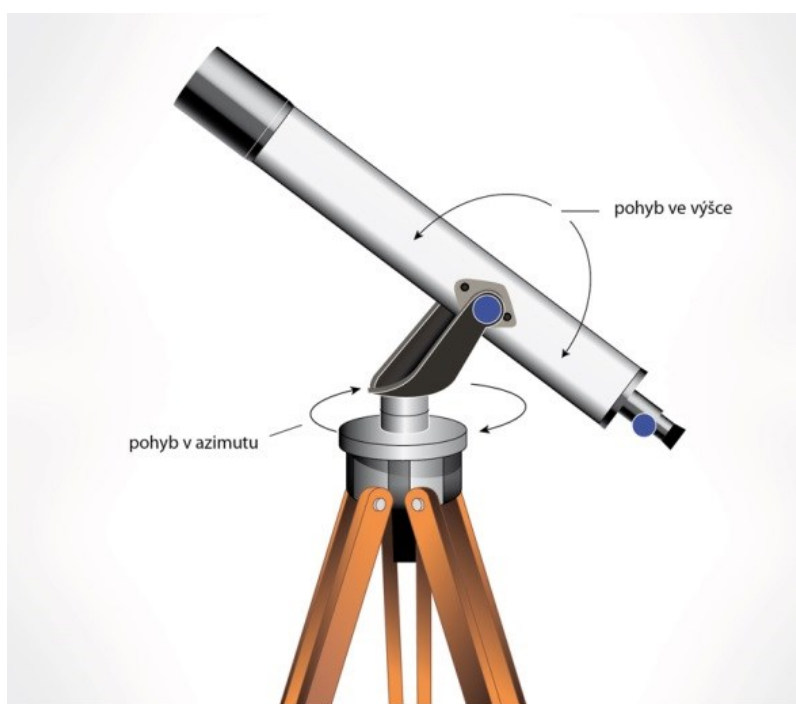
$$\delta(arcsec) \cong 1050 / f(mm)$$

Kde  $f(mm)$  je ohnisková vzdálenost dalekohledu a  $\delta$  je chyba pointace osy.

### 3.1 Azimutální montáž

Výhodou azimutálních montáží je přirozený pohyb vodorovný a svislý viz obrázek níž, což je předurčuje zejména pro pozemní pozorování a pro základní astronomická pozorování při malých zvětšeních. Výhodou některých azimutálních hlav jsou jemné pohyby v jedné/obou osách. Nevýhodou AZ montáží pro astronomická pozorování je nemožnost instalovat hodinový stroj, který by umožnil automatické sledování nalezených objektů. Připevnění dalekohledů je buď přes fotografický šroub (1/4") nebo přes upínací rybinu. Další upínací prvky jsou uvedeny v příslušenství montáží. Jednodušší verzí azimutální montáže je fotografický stativ, případně samostatná fotografická hlava. Fotografické stativy postačují pro použití binokulárních dalekohledů nebo menších refraktorů[13]

Azimutální montáž se většinou používá pro menší amatérské dalekohledy nebo pro větší dalekohledy sloužící k vizuálnímu pozorování hvězdné oblohy. Azimutální montáž umožňuje pohyb ve dvou osách. První osa je kolmá na vodorovnou rovinu (svislá) a otáčením okolo této osy se mění azimut (poloha vůči horizontu). Druhá osa (vodorovná) slouží k nastavování výšky (angl. altitude) nad obzorem. Proto se jí též někdy říká alt-azimutální montáž. Hlavní nevýhodou azimutální montáže je, že pro sledování objektu na obloze je potřeba pohybovat dalekohledem v obou osách současně nestejnoměrnou rychlostí, čímž se vylučuje použití hodinového strojku. Také pro fotografování s delšími expozičními časy je azimutální montáž nevhodná. Výhoda těchto montáží oproti klasickým paralaktickým je, že ke svému provozu potřebují podstatně méně prostoru, jsou konstrukčně jednodušší a lehčí.[14]



Obr.12 Pohyb azimutární montáže[12].

## Dobson montáž

Nejrozšířenější variantou azimutální montáže je tzv. Dobsonová montáž, která se skvěle osvědčila u Newtonových dalekohledů. Obvykle je vyrobena ze dřeva a má podobu nepříliš vysoké kolébky, do níž je usazen tubus Newtonova dalekohledu. Kolébka stojí na zemi a může se celá otáčet kolem svislé osy (změna azimutu), zatímco tubus spočívá ve dvou postranních kluzných ložiscích, jež zajišťují natáčení kolem vodorovné osy ve výšce. Nejsnáze si představu o Dobsonově montáži uděláte z níže uvedeného obrázku viz obr.13[12].

Pro všechny montáže platí jedno společné pravidlo – dalekohled umístěný na montáži musí být v obou osách dokonale vyvážen tak, aby po natočení do požadovaného směru samovolně nezměnil polohu (např. se nepřeklopil apod.). Při precizním vyvážení je možné pohybovat i velmi těžkým přístrojem vážícím několik desítek či stovek kilogramů velmi lehce. V případě azimutální montáže se vyvážení dalekohledu provádí velmi snadno, protože je tubus uchycen ve svém těžišti.

Mezi jejich velmi dobré vlastnosti patří jednoduchá, intuitivní obsluha, vysoký "světelný" výkon při velmi rozumné ceně, snadná údržba a rychlá montáž/demontáž.

Naopak nevýhodou je poměrně velká prostorová náročnost, vyšší hmotnost zejména továrně vyráběných podstav a u klasických Dobsonů bez naváděcích systémů absence hodinového stroje, tudíž méně pohodlné pozorování při velkých zvětšeních, což je ovšem pouze otázka zvyku.

Dobsony výborně poslouží těm zájemcům, kteří za relativně nízkou cenu hledají vysoký výkon, jsou vhodné zejména na pozorování deep-sky objektů při malých a středních zvětšeních. Malé průměry Dobsonů s nízkou světelností až  $f/8$  potom mohou díky vysokému kontrastu konkurovat i některým APO refraktorům při pozorování planet.

Dobsony jsou sice zrcadlové dalekohledy konstrukce Newton, ale díky jejich oblibě jsou vedeny samostatně. Tubus dalekohledu je umístěn na jednoduché vidlicové azimutální montáži, zkonstruované v 70. letech 20. století Johnem L. Dobsonem, zkráceně tedy Dobson. Dobsony jsou dalekohledy s nejlepším poměrem cena/výkon.

## Klasický

Klasickými Dobsony rozumíme zrcadlové dalekohledy konstrukce Newton v provedení plnotubus nebo skládací tubus bez motorizace a navádění. Je to nejlevnější varianta, a tak je tedy nejrozšířenější.

## Skládací

Skládací, také se říká ultra lehký, nebo třeba Sky-Watcher prodává skládací Dobsony s označením Flex Tube. Tento typ používají hlavně astronomové nebo nadšenci, kteří pozorují hvězdnou oblohu a často cestují na nejrůznější místa naší republiky či světa.

## Naváděný

U Dobson montáže se používají GoTo navádění. GoTo montáže usnadňují nastavení objektu z vybrané přednastavené databáze do zorného pole dalekohledu. Jsou vhodné pro naprosté laiky, tak i zkušené pozorovatele. Ti co nechtějí marně hledat a chtějí si co nejrychleji najít pozorovaný objekt, sáhnou právě po tomto naváděcím systému.

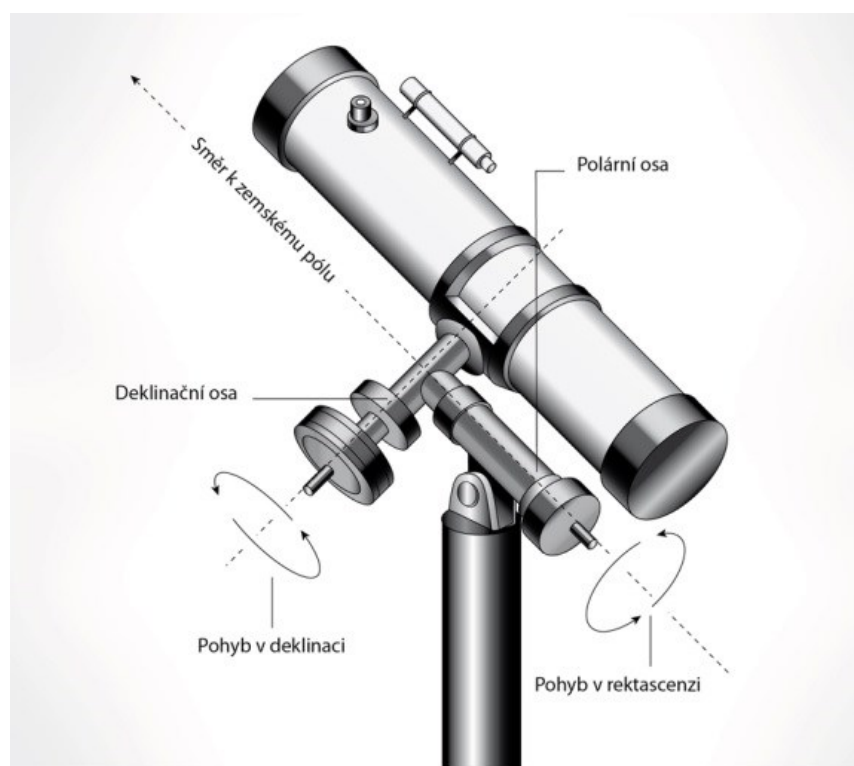


Obr. 13 Dobson montáže

1-Klasický dobson, 2- Skládací dobson (Flex Tube), 3- Ultra Light dobson

### 3.2 Paralaktická

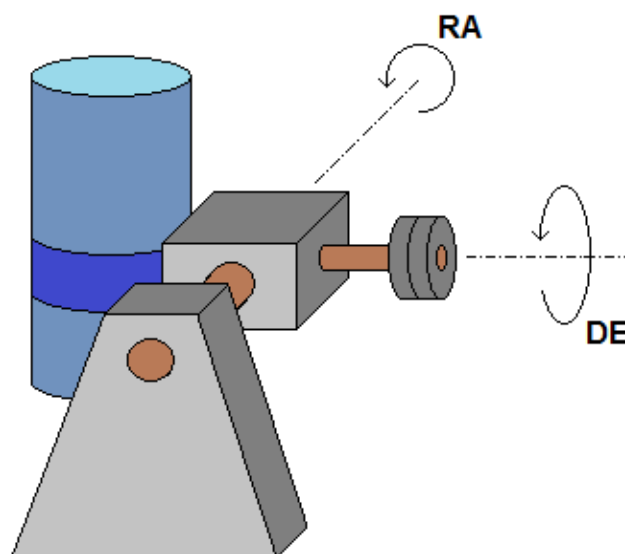
Problémy se sledováním objektů na noční obloze se dají značně zjednodušit. Pokud skloníme osu azimutální montáže ( která je kolmá na vodorovnou rovinu) a zorientujeme ji rovnoběžně se zemskou osou, dostaneme z azimutální montáže paralaktickou. Její sklon bude shodný se zeměpisnou šířkou místa, kde je montáž umístěna. Pokud zajistíme otáčení této osy stejnou úhlovou rychlostí, jakou se otáčí naše planeta, tak každý dalekohled přimontován na tuto osu bude přesně sledovat pohyb hvězd na obloze. Takto se získá mechanický systém, který odstraní problémy s nerovnoměrným pohybem nebeských těles vzhledem na zemský povrch. Tato osa se nazývá polární (nebo i hodinová). Druhá osa (při azimutální montáži určená na nastavování výšky nad obzorem) se při paralaktické montáži nazývá deklinační. Při azimutální montáži se měří úhel a výška objektu - při paralaktické jsou to samozřejmě také dvě veličiny a to hodinový úhel (RA) a deklinace ( DE). Tyto dvojice veličin se dají navzájem převádět a pro každý objekt je lze nalézt v různých programech zobrazujících noční oblohu.[11]



Obr. 14 Paralaktická montáž [12]

## Německá montáž

Tento druh montáže je asi nejrozšířenější používanou montáží. Polární osa je upevněna na piliři (nebo na trojnožce jako fotografický stativ). Deklinační osa je na ni kolmo připevněna. Na jednu stranu se montuje dalekohled a na druhou buď protizávaží nebo další dalekohledy. Její nevýhodou je zvýšená hmotnost skrz potřebné protizávaží. Německá montáž je vhodná pro všechny druhy astronomických dalekohledů. Při používání je ale třeba dávat pozor, neboť při některých polohách existuje možnost, že dalekohled narazí do stativu. V tomto případě je třeba dalekohled otočit o  $180^\circ$ . To je nevýhoda, hlavně při dlouhodobějším fotografování objektu. Na trhu dnes existuje množství různých provedení, které mají různé nosnosti. Bývají vybaveny motory a elektronikou, která umožňuje nastavovat dalekohled do různých poloh na obloze dle zadaných souřadnic. Často je možné montáž propojit s autopointovacím zařízením jakož i počítačem a takto plně elektronicky řídit její chod. Jednotlivá provedení se liší nosností, přesností ale i kvalitou provedení. Určit, která je lepší, se dá nejlépe z různých recenzí a zkušeností uživatelů z reálného používání.[11]



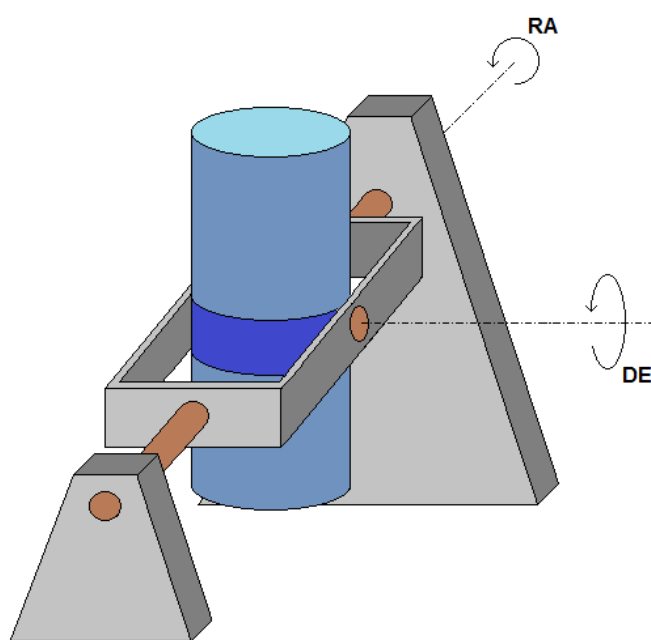
Obr. 15 Německá montáž [11]



## Anglická montáž

### Rámová montáž

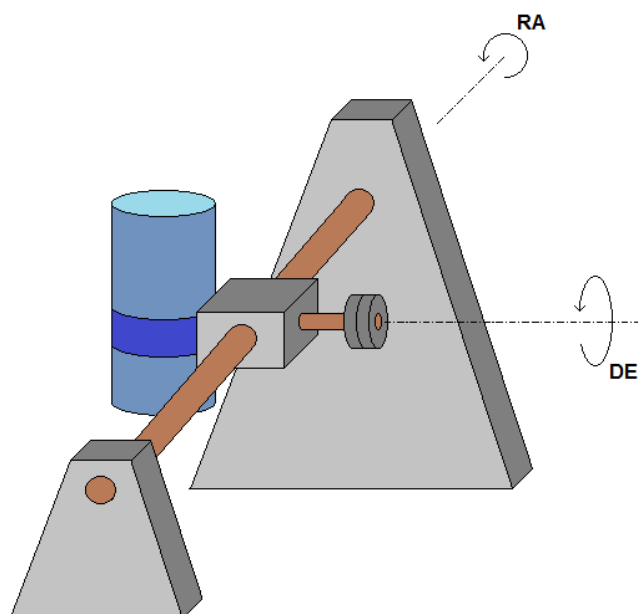
Další typ montáže je charakteristický tím, že má polární osu upevněnou ve dvou bodech - na začátku a na konci. To zaručuje velmi dobrou stabilitu a malé chvění. Montáž se používá, vzhledem k její velikosti, pouze v observatořích, kde je stabilně umístěna. Nevýhodou je nedostupnost objektů v okolí severního pólu. Používá se pro velké zrcadlové dalekohledy. Výhodou je, že nepotřebuje žádné protizávaží a nese pouze užitečnou hmotnost samotného dalekohledu. Montáž byla např. použita v observatoři Mount Wilson pro 2,5 m dalekohled v roce 1917, což byl nejvýznamnější dalekohled 20. století.[11]



Obr. 16 Rámová montáž[11]

### Osová montáž

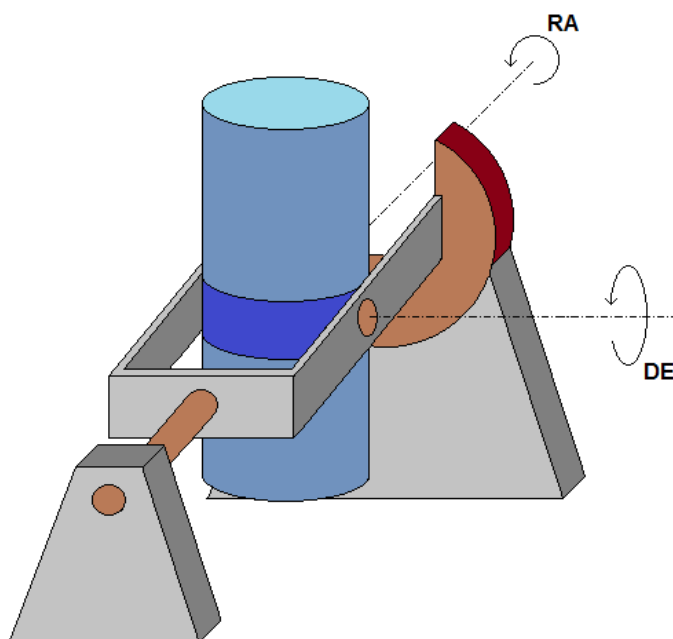
Pokud se použije při předchozím typu celá nepřerušovaná polární osa a dalekohled se umístí mimo s protizávažím na opačné straně, dostaneme tzv. osovou montáž. Její princip je jasný z nákresu. Objekty v okolí severního pólu jsou dostupnější než v předchozím případě. Někdy se místo protizávaží umísťuje další astronomický dalekohled nebo fotokomora.[11]



Obr. 17 Osová montáž[11]

### Podkovovitá montáž

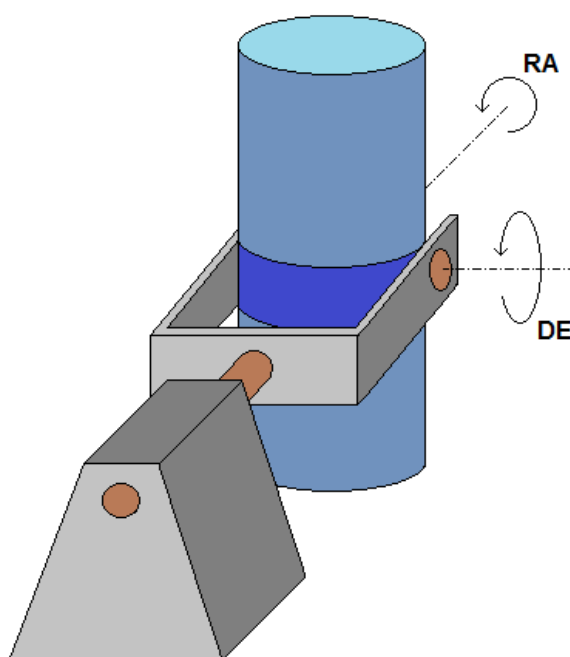
Nedostatky předchozích dvou typů odstraňuje tzv. podkovovitá montáž. Své jméno získala z použité charakteristické podkovovité součásti, která se odvaluje po specializovaných ložiskách. Nepotřebuje protizávaží a díky otvoru v podkovovité uložení polární osy jsou dostupné také objekty v okolí severního pólu. Montáž byla použita např. v Palomar Observatorii pro 5m zrcadlový dalekohled.[11]



Obr. 18 Podkovitá montáž[11]

## Vidlicová montáž

Pokud odstraníme horní polovinu polární osy rámové montáže, dostaneme v principu vidlicovou montáž. Samozřejmě, musí být polární osa dostatečně upevněna, protože těžiště je mimo podstavec, který tuto osu ( a vlastně celou hmotnost dalekohledu ) drží. Velikost vidlice se navrhuje podle dalekohledu tak, aby bylo zaručeno jeho bezproblémové otáčení ve směru deklinace. Absence horní části uložení polární osy zajišťuje dostupnost objektů v okolí severního pólu. Uložením uprostřed vidlice nejsou potřeba žádné protizávaží. Montáž není příliš vhodná pro dlouhé refraktory, protože by byly potřeba příliš dlouhá ramena vidlice. Montáž je stabilní a většinou nepřenosná. Montáž je použita např. v Ondřejově pro 2m zrcadlový dalekohled.[11]



Obr. 19 Vidlicová montáž[11]

### 3.3 Automatizované astronomické montáže (GoTo systém)

GoTo montáže (naváděné či automatizované / poloa automatizované montáže) usnadňují a automatizují nastavení objektu, vybraného z předinstalované databáze, do zorného pole dalekohledu. Jsou vhodné jak pro naprosté laiky, kteří v dnešní uspěchané době nemají čas či nechtějí se učit vyhledávat na obloze ručně, tak i pro zkušené pozorovatele, které po letech zkušeností nebaví opakovaně stále dokola vyhledávat ručně tytéž objekty a chtějí se oblohou především kochat.[4]

Hand Control SynScan EQ-6Součástí GoTo ("go to" = "běž na") montáží je ovladač s displejem obsahující minipočítač s databází nebeských objektů, ze které je možné si vybrat objekt k pozorování. Elektricky ovládanými, většinou krokovými motory v obou osách je dalekohled následně na daný objekt nastaven. Samozřejmostí je funkce hodinového stroje, tedy otáčení dalekohledu spolu s oblohou, díky němuž lze objekt nerušeně pozorovat po delší dobu, aniž by "vyjel" ze zorného pole. GoTo montáže nelze ve většině případů ovládat ručně, ale pouze elektricky; přítomnost zdroje, ať již baterií nebo připojení k elektrické síti je pro jejich použití tedy nezbytná[4].

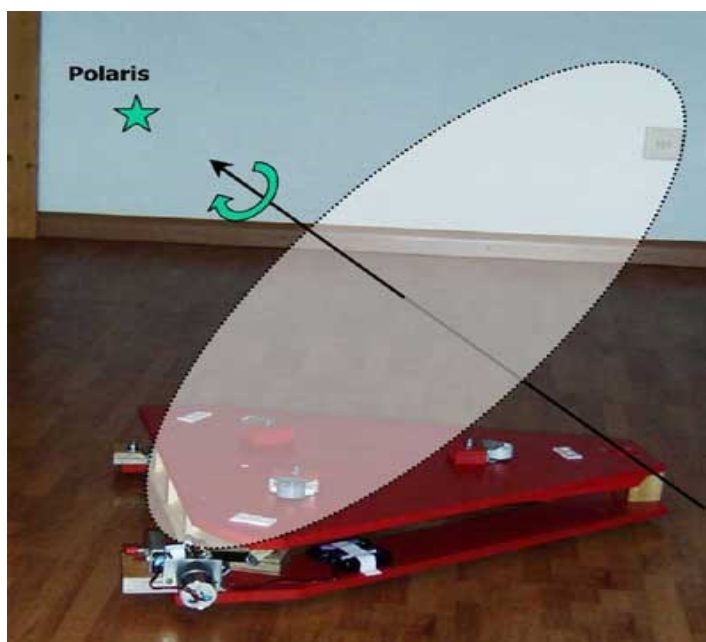
Některé GoTo montáže vyžadují alespoň základní orientaci na obloze a je nutné je před samotným pozorováním ustavit na jasné hvězdy. Nejnovější montáže se pomocí vestavěného GPS přijímače a kamery zaměří zcela automaticky, bez nutnosti uživatelských znalostí hvězd a jejich jmen. GoTo montáže jsou vybaveny i pokročilými funkcemi pro astrofotografii.[4]

### 3.4 Nástavby

#### Pončetka

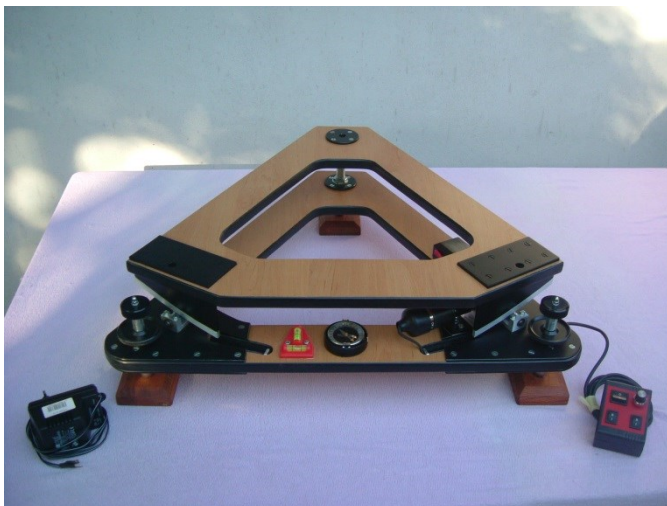
Tato nakláněcí plošina (pončetka) slouží, jako nízká paralaktická montáž na kterou se postaví dalekohled včetně jeho montáže, nejčastěji konstrukce Dobson.

Princip konstrukce EQ plošiny je vlastně docela jednoduchý. Skládá se ze dvou desek. Jedné základové a na ni namontovaným stolem, který je montován otočně.



Obr. 20 systém natáčení pončетки[9]

Osa stolu je přitom paralelně ustavená se zemskou osou. Tím je paralakticky ustavený. Při  $50^\circ$  severní šířky stojí otočná osa  $50^\circ$  k zemskému povrchu a ukazuje na polárku. Aby stůl pracoval jako stabilní montáž, musí být uložení definováno na třech bodech. Ložisko jižní na pravé straně vyobrazení je lehce realizovatelné. Skládá se z axiálního ložiska, jehož středem prochází osa. Na levé severní straně (levá strana vyobrazení) není takové uložení možné. Osa otáčení je vysoko nad stolem. Pro tzv. severní ložisko použijeme jen malý segment z velké šikmé kružnice, který je pak ve stejném sklonu namontován na spodní část stolu. Bude se pohybovat na válečkách – ložiscích – které jsou rovněž šikmo montované, ale kolmo k segmentu. Ložiska jsou upevněna na podložkách k nosné desce plošiny. Jako ložiska jsou použity nábytkové vodící válečky. Část kruhového segmentu je tak velká, aby bylo dosaženo asi 1 hodiny odvalování. Stůl se otáčí v rozmezí  $15^\circ$  za hodinu kolem polární osy. V tomto rozmezí by nemělo hrozit překlopení dalekohledu. Při výpočtu se vychází  $360^\circ/24h=15^\circ$ . Hvězdný den sice trvá o několik minut méně, ale to je pro výpočet zanedbatelné. Po uplynutí doby  $15^\circ/h$  je nutné pokaždé stůl plošiny ustavit ručně do výchozího postavení.[9]



Obr. 21 Pončetka [15]

### Nakloněné roviny

Pro snadnější pozorování hvězdného nebe používají u Dobson montáží, různé nakloněné roviny, aby mohla být osa rotace základny stejná se zemskou osou. Uživatelé chtějí rychle přeměnit svoji montáž z azimutální na paralaktickou montáž. Žádné firmy tento systém nenabízí, a proto se většinou jedná o domácí výrobu.



Obr. 22 montáž s nakloněnou rovinou[10]

### 3.5 Přehled výrobců dalekohledů, montáží a příslušenství

<b>MEDLE</b>	Americký výrobce astronomických dalekohledů s kvalitní montáží.
<b>LOSMANDY</b>	Americký výrobce se sídlem v Kalifornii zabývající se hlavně výrobou kvalitních paralaktických montáží pro teleskopy a výrobou příslušenství pro pozorovací techniku.
<b>CELESTRON</b>	Americká firma zabývající se výrobou dalekohledů a montáží.
<b>SKY WATCHER</b>	Taiwanský majitel, který vyrábí optiku a dalekohledy (made in china)
<b>VIXEN</b>	Japonská firma zabývající se výrobou optiky a dalekohledu
<b>Orion Optics UK</b>	kvalitní Anglický výrobce dalekohledů a optiky
<b>GSO</b>	(Guan Sheng Optikal) Taiwanský výrobce dalekohledů

#### Na českém trhu jsou nejznámější dodavatelé:

- Supra Praha
- Dalekohledy Matoušek
- Bixon

#### Výrobce dalekohledů v Česku.

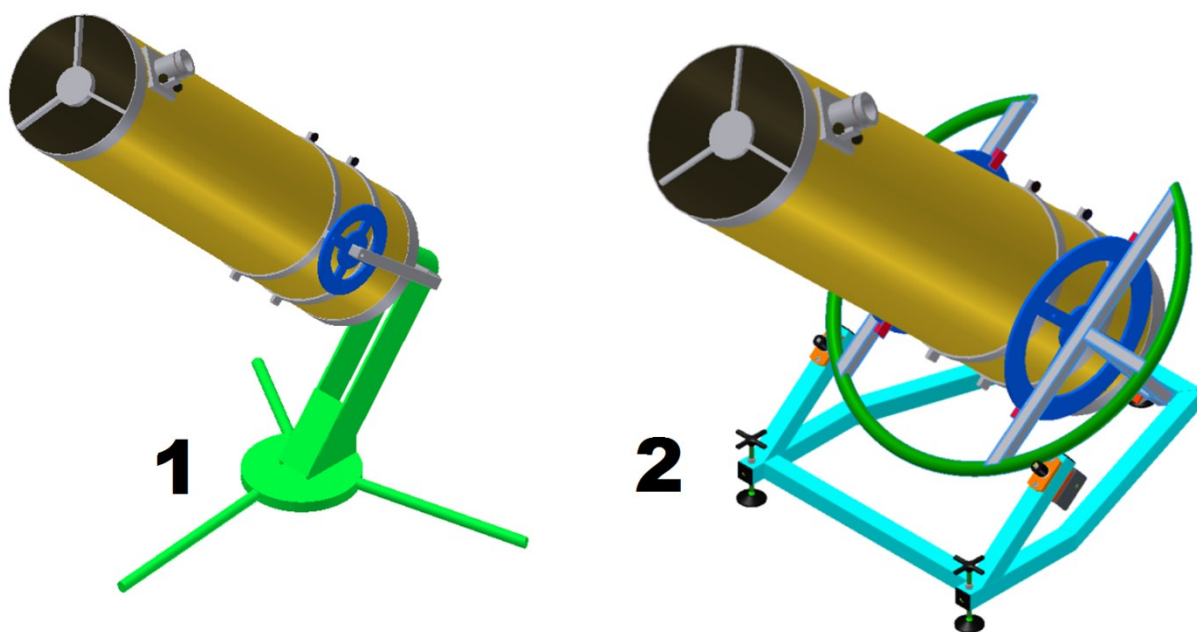
- **Dalekohledy Jiří Drbohlav** - výrobce dalekohledů.
- **ATC a.s** (Jaromír Holubec) - prodej a výroba dalekohledů.
- **Elbioptics** (Libor Němec) - výrobce zrcadel a dalekohledů

## 4. Variantní řešení

V této kapitole se zabývám variantním řešením polohovacího zařízení a jeho konstrukcí. Rozdělení montáže na jeho části a popis výroby. Dále jsem řešil motorizaci natáčení montáže.

### 4.1 Stavba polohovacího zařízení

Po předchozí rešerši rozdělení montáží, jsem si ujasnil výhody a nevýhody použití těchto systémů. Cílem této práce je vyrobit co nejlevnější polohovací zařízení, které se dá poskládat co nejjednodušeji a z normalizačních dílů. Tato montáž bude ideální s kombinací Newton dalekohledu. Nosnost montáže je 20 Kg, abychom mohly použít i zrcadlový dalekohled o velikost 12“ viz tab.2 .Zvolil jsem konstrukci podkovité montáže, která nemá žádné omezení v pohybu, hlavně okolo polární osy. Je to takzvaná paralaktická (ekvatoreální) montáž, která se otáčí kolem polární osy (zemskou osou). Polární osa bývá poháněna hodinovým strojkem nebo elektropohonem. Zajišťuje otáčení dalekohledu společně s oblohou. Uvažoval jsem o dvou verzích a to o klasické vidlicové montáži a o podkovité montáži. Vidlicová montáž je dobrá pro stálé pozorovací místo. Vybral jsem návrh montáže číslo 2 viz obr.23 . Natáčecí vidlice se dotýká na třech místech s rámem a je tedy stabilnější a přenosná.

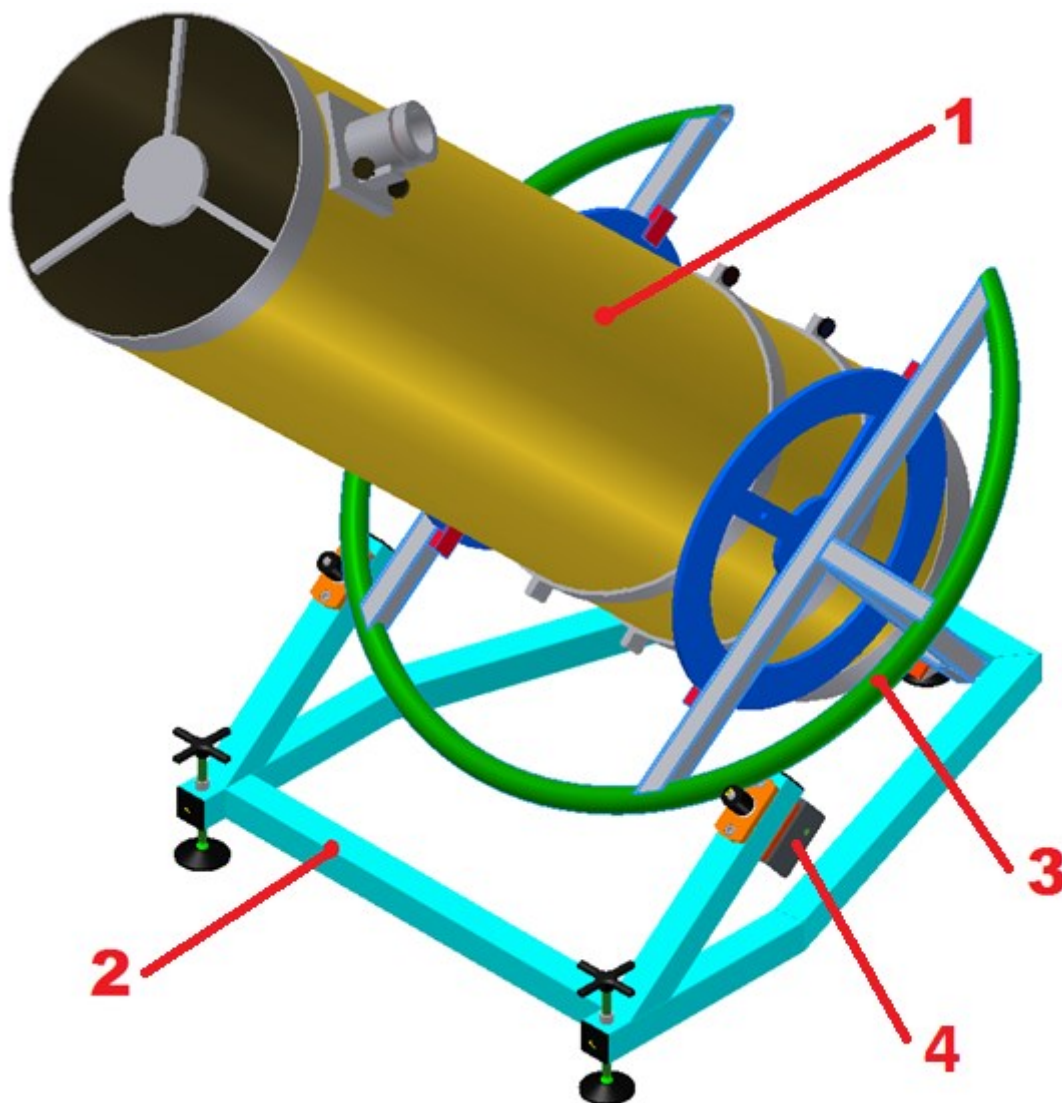


Obr. 23 Návrh montáže

1-Vidlicová montáž 2-Podkovitá montáž



Pokud chceme vyrobit hvězdářský dalekohled, musíme vědět z jakých částí se skládá. Pokud používáme jen malé triedry, postačí nám vzít ho jen do ruky. Větší dalekohledy jsou těžší a potřebujeme něco, co by nám mělo ulehčit pozorování. Proto potřebujeme stativ, neboli montáž. Kompletní hvězdářský dalekohled se skládá z dalekohledu a montáže. Podkovitá montáž viz obr.24 se skládá ze stojanu (základny) a natáčecí vidlice.

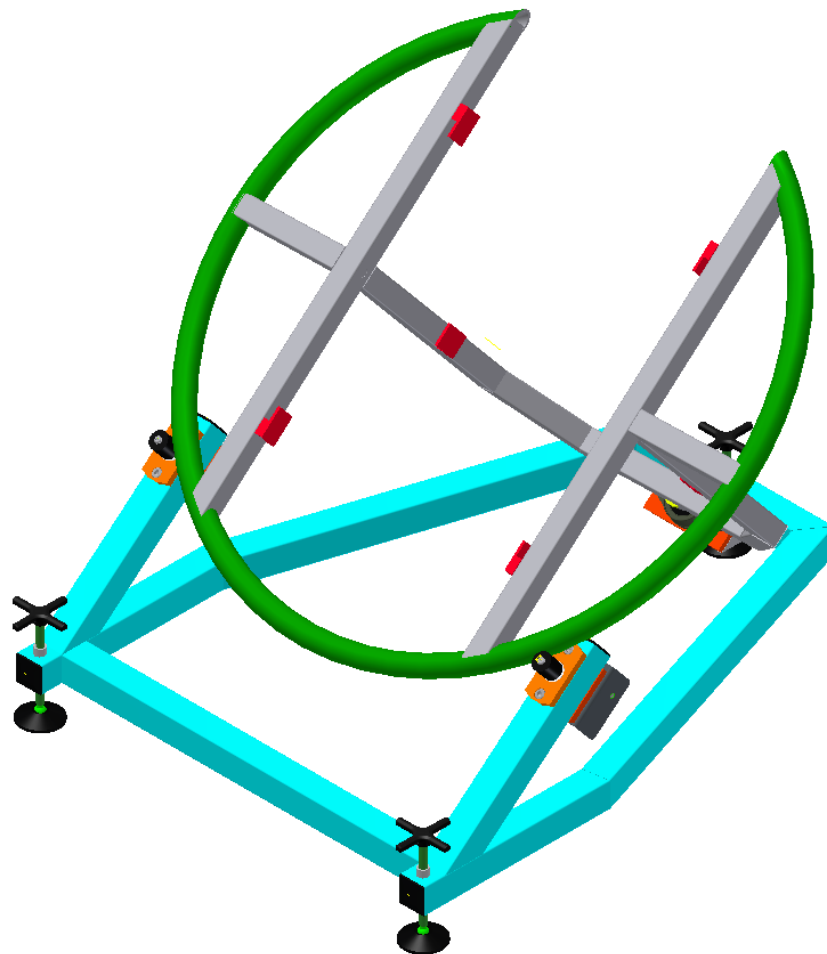


Obr. 24 základní rozdělení dalekohledu

- 1-Dalekohled (optika + tubus) 2-Stojan (základna montáže)  
3-Vidlice natáčení (podkovitý tvar) 4-Pohon(motor+ převodovka)

### 4.3 Natačecí vidlice

Z průzkumu dalekohledů viz tab.2 a objímek viz tab.3 na trhu, přizpůsobíme vidlici na parametry možných objímek, které drží tubus dalekohledu. Nejlépe se prodávají Newton dalekohledy pro jejich výkon/cena. Proto jsem zvolil rozteč 400 mm, abych mohl použít i dalekohled o velikosti zrcadla 300mm. Délka tubusu není tak moc důležitá, protože se dalekohled vyvažuje závažím. Většinou je těžiště v konci dolního tubusu (v  $1/3$ ), protože je na konci tubusu uložené hrubé zrcadlo. Musíme jen docílit toho, aby těžiště tubusu dalekohledu bylo v polární ose a v ose rektascenze při vložení do natačecí vidlice. Docílíme volné uložení dalekohledu ve vidlici, aby se nám dalekohled samovolně neotáčel. Uchycení dalekohledu na vidlici je ve třech bodech na každé straně vidlice dorazem. Tento doraz bude sloužit i jako kluzná plocha pro prstenec, který je namontovaný na dalekohledu. Tímto také rovnoměrně zatížíme konstrukci polohovacího zařízení. Jako rám vidlice jsem použil jekl 30x30x1,5 podle normy ČSN EN 10219-2 a to vše je přivařené ke stočené trubce bezešvé přesné kruhové EN 10305-1 s rozměry 30x2. Vše je přivařeno na hřídel. Vidlice je vsazena do ložiskového domku a prstencem se opírá o natačecí hřídele v přední části stojanu.



Obr. 25 Montáž natačecího zařízení

Tab. 2 Přehled rozměrů vyráběných dalekohledů

výrobce	název dalekohledu	průměr objektivu	délka tubusu	typ dalekohledu	hmotnost
SkyWatcher	BK 1206	120 mm	570 mm	Refraktor	4 Kg
SkyWatcher	BK 707	70 mm	650 m	Refraktor	1,45 kg
Vixen	TSC/VIXEN 140SSF	140 mm	1025 mm	Refraktor	6,5 kg
Celestron	130EQ	130 mm	610 mm	Newtonův	5 Kg
Orion Optics	VX6 150/750mm	150 mm	750 mm	Newtonův	4 kg
Orion Optics	VX8 200/900 mm	200 mm	860 mm	Newtonův	7 kg
SkyWatcher	BK P25012	254 mm	1120 mm	Newtonův	12 Kg
SkyWatcher	305/1500mm OTA DUA	305 mm	1450 mm	Newtonův	15 Kg
Orion Optics	VX12L 300/1600mm	300 mm	1510 mm	Newtonův	15 kg
Vixen	TSC/VIXEN 2632 VC 200L	200 mm	600 mm	Schmidt - Cassegrain	6,3 kg
Celestron	NEXSTAR 8 SE	203 mm	450 mm	Schmidt - Cassegrain	11 kg
Orion Optics	TSC/ORION OMC 300 mm	300 mm	1160 mm	Schmidt - Cassegrain	13 kg
Celestron	TSC/CEL 150 XLT	150 mm	330 mm	Schmidt - Cassegrain	6,5 kg
Meade	LX 200	254 mm	560 mm	Schmidt - Cassegrain	12,5 kg
Meade	RCX 400	305 mm	670 mm	Schmidt - Cassegrain	17 kg
SkyWatcher	BK MAK180	180 mm	500mm	Schmidt - Cassegrain	7,8 Kg
Celestron	9.25 EdgeHD	235 mm	559 mm	Schmidt - Cassegrain	9.53 kg

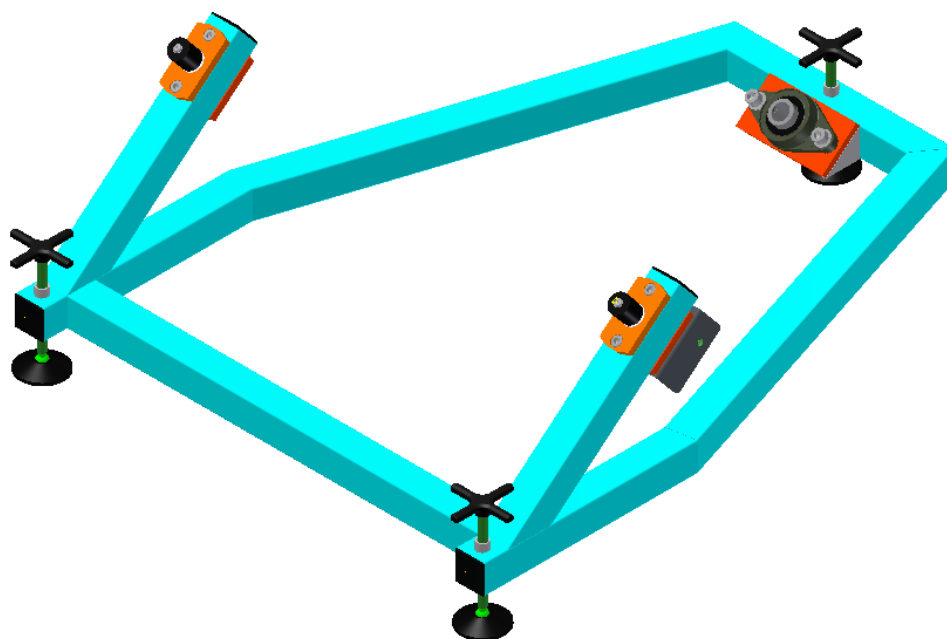
Tab. 3 Přehled objímek na tubusy dalekohledů a jejich rozměry

název	velikost zrcadla	Velikost vnitřní objímky	nejpoužívanější ohniskové vzdálenosti zrcadla
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 3"	70 mm	76 mm	70/500 mm
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 4"	102 mm	102 mm	102/1000 mm
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 4.5"	110 mm	140 mm	1114/500 mm
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 5"	130 mm	160 mm	130/650 mm
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 6"	150 mm	182 mm	150/750 mm
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 8"	203 mm	232 mm	203/100 mm
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 10"	254 mm	288 mm	254/1200 mm
ACC/SKY OBJÍMKY (PÁR) PRO 12"	305 mm	360 mm	305/1500 mm

## 4.2 Základna montáže

Nejdůležitější je vytvořit stabilní podstavec polohovacího zařízení, který by bylo možno co nejlépe ustavit do vodorovné polohy. Použil jsem profil jechl 40x40x1,5 podle normy ČSN EN 10219-2, který je podepřen ve třech bodech retifikačními šrouby s kloubem pro větší zátěž od firmy SUNAP ev.č. 281b-034-50/m12x125 [21], které nám usnadní vyrovnaní podstavce v náročnějším terénu, do kterého dalekohled budu pokládat. Na začátek retifikačního šroubu jsem umístil plastovou hlavu pro kovové šrouby 376j-043-60/12 [21], abych mohl jednoduše seřadit stojan. To vše je dáno do uložení retifikačního šroubu vyrobeno z tyče kruhové tažené za studena, S355J2C+C (1.0579) dle EN 10277-2, úchylka h9, průměr 16mm.

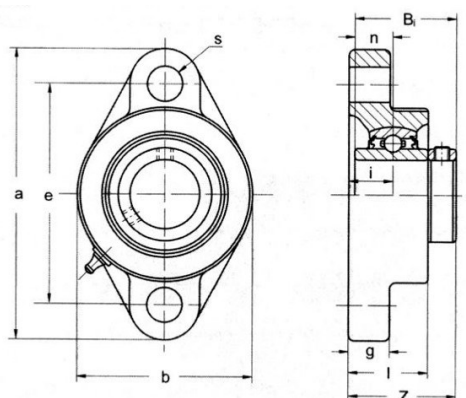
Je nutno dodržet úhel vodorovné roviny a osy otáčení polohovacího zařízení (zemská osa) a to je 50°. Česká republika leží od 48° do 52° zemské šířky, proto používáme úhel 50° jakož to univerzální úhel. Odchylku od 50° a polohou pozorování, si můžeme nastavit retifikačním šroubem. Jako hlavní část opěrného bodu a otáčení kolem polární osy použijeme Ložiskový domek UCFL 204 viz obr.26, kterou nám nabízí několik firem na trhu. Abychom dodržely snadný pohyb v polární ose a nevznikalo nám chvění v natáčecí vidlici. Musíme podepřít vidlici ve dvou dalších bodech, abychom eliminovali chvění. Tyto dva body jsme nahradili hřídelemi, uloženými v ložiskových domcích, aby bylo co nejmenší napětí a válivý odpor při natáčení vidlice. Můžeme zde použít ložiskové domky typu UCFL. Nechal jsme si ale vyrobit ložiskové domky na míru. A tím se esteticky dojem zlepšil. Uložení je jednodušší a více variabilní k dalšímu použití. Dovnitř jsem použil ložiska SKF 6000 2RS dle normy ČSN 02 4630, do kterých pak vložíme hřídel pro natáčení a pojistným kroužkem DIN 471 zajistíme na hřídel. Na montáž použijeme šrouby s vnitřním šestihranem ISO 4762 a podložky ploché ISO 7089.



Obr. 26 Základna montáže

### Ložiskové domky

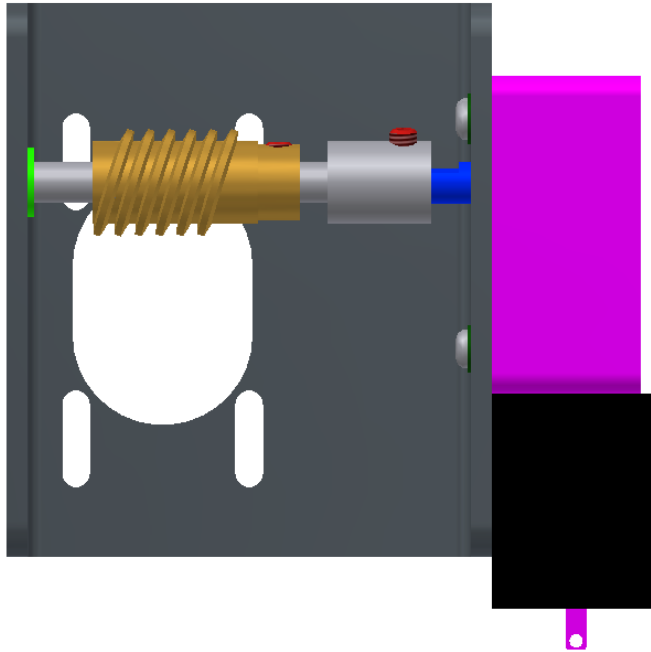
Výhoda ložiskových domků (těles) je snadná montáž, údržba a rychlá výměna za nový kus. Na trhu je velké množství druhů. Rozdělují se podle typu použití (stojaté, přírubové, napínací) a podle použitých materiálů uložení ložiskových domků (litinové, plechové, nerezové, termoplastové). Na mé montáži jsem použil typ UCFL, který je složen z naklápěcího ložiska a odolného litinového tělesa. Ložiskový domek má oválný tvar se dvěma upevňovacími otvory, které zajišťují přesnost a stabilitu zatížení.



Obr. 27 Ložiskový domek typ UCFL

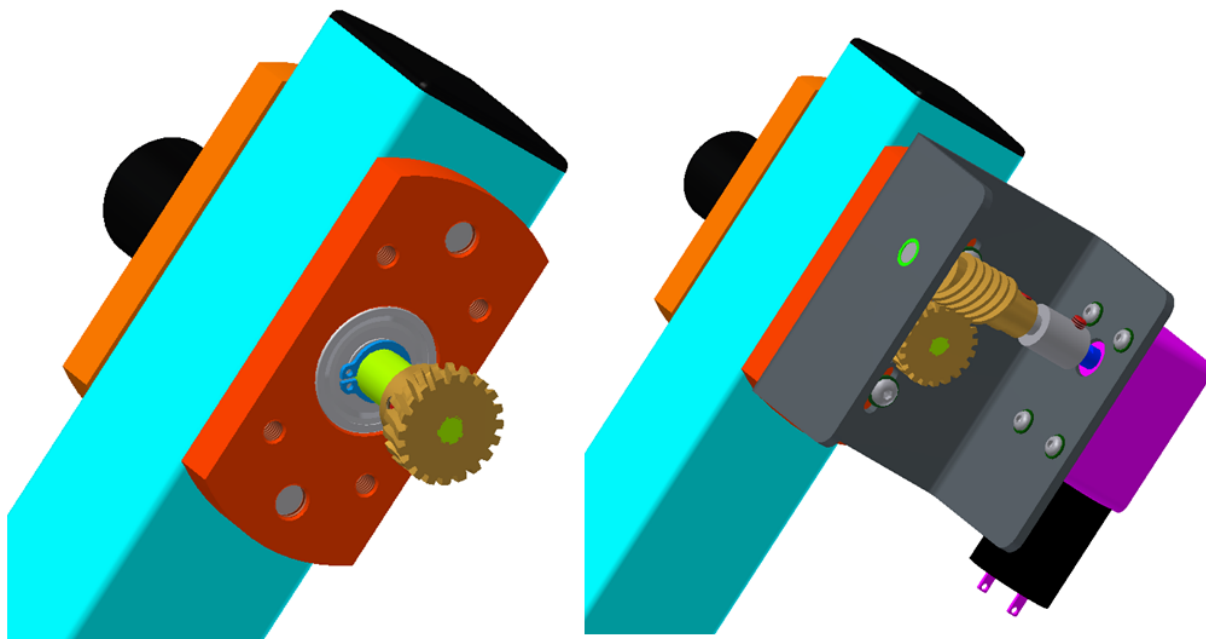
#### 4.4 Převod

Jako pohon jsem si zvolil Motor DC Gear Motor GW370-0,6 viz tab. 4. Parametry tohoto motoru jsou: DC12v/0.1A, rychlost otáček 0,6 r/mim, při zatížení 0,45 r/min. Jako převod jsem použil šnekový převod 1:20, protože má nejlepší převodový poměr. Použil jsem šnekový převod od firmy T.E.A. TECHNIK s.r.o. Na hřídel jsem uložil šnek s modulem 1 viz obr. 32. To vše je dále uloženo v držáku motoru, do kterého je vloženo ložiskové kluzné pouzdro PAF06040. To vše je přimontováno k držáku motoru, dále s motorem GW370-0,6.

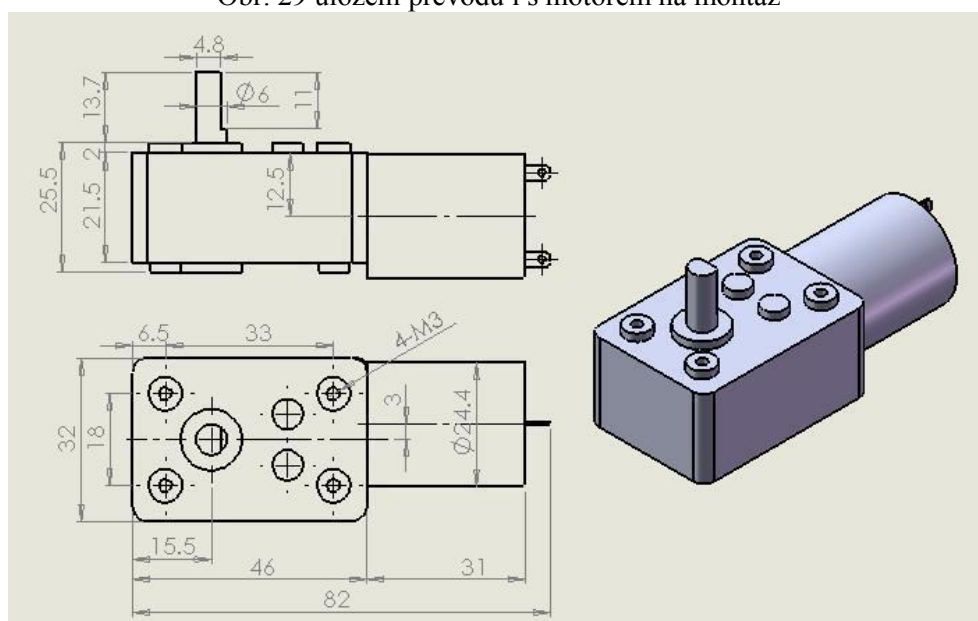


Obr. 28 držák motoru s motorem a převodem

Na osu hřídele jsem namontoval šnekové kolo obj. č. 351020 viz tab. 5, které je vyráběné firmou T.E.A. TECHNIK s.r.o. Dále na ložiskový domek je namontovaný držák motoru, s kterým se dá posouvat. Podle katalogu nebo výpočtu nám vyjde rozteč 17 mm mezi osami šnekového soukolí viz. tab. 5. Abychom docílili souososti šneku a šnekového kola, můžeme s tímto šnekovým kolem pohybovat na ose hřídele. Tolerance osově vzdálenosti šnekového převodu je  $\pm 0.02$  mm. Touto sestavou dílů jsme dosáhli převodu 0,03 r/min a za plného zatížení je to 0,0225 r/min.



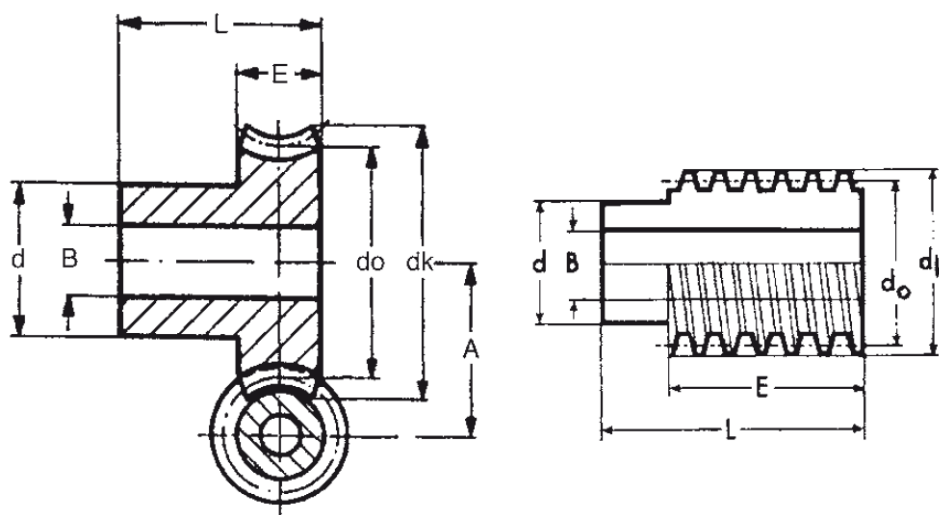
Obr. 29 uložení převodu i s motorem na montáž



Obr. 30 rozměry motoru GW370[19]

Tab. 4 Přehled motorů GW370

Napětí (V)	Model	Rychlost (ot/min)	Rychlost při zátěži (ot/min)	Kroutící moment (kg/cm)	Proud (A)
DC12V	GW370-0.6	0,6	0,45	25	0,1
	GW370-2	2	1.1	15	0,15
	GW370-8	8	7	8	0,3
	GW370-12	12	9	4,5	0,18
	GW370-13	13	10	5,5	0,2
	GW370-24	24	18	5	0,3
	GW370-45	45	34	2,5	0,3
	GW370-65	65	50	1,5	0,3
	GW370-120	120	92	0,8	0,3



Obr. 31 Parametry šnekového soukolí[20]

Tab. 5 Rozměry šnekových kol T.E.A s.r.o[20]

Šnekové kolo										
Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B(H7)	d	dk	do	L	E	A	Materiál
351020	1,00	20	5	16	22,7	20,0	14,5	6,5	17,0	bronz
351025	1,00	25	5	16	27,5	25,0	14,5	6,5	19,5	bronz
31030	1,00	30	6	16	32,5	30,0	16,5	6,5	22,0	bronz

Tab. 6 Rozměry šneků T.E.A s.r.o[20]

Šnek									
Objednací číslo	Modul	B(H7)	d	dk	do	L	E	Materiál	
33-3	0,50	3	5,5	8	7,0	16	12	ETG 100	
36	0,75	4	6,0	10	8,5	20	16	ETG 100	
35	1,00	6	11,0	16	14,0	30	24	ETG 100	



## Výpočet hnacího válečku

Abychom docílili správné natáčení dalekohledu je zapotřebí vypočítat přesný převodový poměr a velikost natáček vidlice a poháněcího válečku s motorem.

Použijeme motor Gear GW370-0,6 a otáčky při zatížení.

Země se otáčí kolem osy za 23,934 hod

$$T_v \Rightarrow 86164s$$

$$T_{0,45} \Rightarrow 2000s$$

Víme, že musí obě plochy udělat stejnou velikost dráhy za daný čas.

$$v_v = v_{0,45}$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \omega \cdot r \Rightarrow \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

$$\frac{2\pi \cdot r_v}{T_v} = \frac{2\pi \cdot r_{0,45}}{T_{0,45}} \Rightarrow r_{0,45} = \frac{r_v \cdot T_{0,45}}{T_v}$$

$$r_{0,45} = \frac{r_v \cdot T_{0,45}}{T_v} = \frac{405 \cdot 2666,66}{86164} = \underline{12,5mm}$$

Při použití motoru při zatížení GW370-0,6 a vidlice s průměrem 810 mm, potřebujeme poloměr hnacího válečku 12,5 mm, abychom dosáhly stejné úhlové rychlosti jako úhlová rychlost otáčení Země.

Kde:

$T_v$ .....perioda natáček vidlice [s]

$T_{0,45}$ ...perioda hnacího válečku [s]

$v_v$ .....rychlost natáček vidlice [m/s]

$v_{0,45}$ ...rychlost hnacího válečku [m/s]

$r_v$ .....poloměr natáček vidlice [mm]

$r_{0,45}$ ...poloměr hnacího válečku [mm]

$T$ .....perioda – doba potřebná k vykonání jedné otáčky

Tab. 7 Výsledná tabulka na převod natáčené vidlice o průměru 810mm

motor	otáčky motoru ot/min	převod šnekového soukolí	výstupní otáčky ot/min	výstupní otáčky ot/hod	Průměr hnacího valečku mm
Gear Motors GW370-0,6	0,6	1:20	0,03	1,8	18,80
EQ-2/CG-3 DE LUXE	0,5	1:20	0,025	1,5	22,56
Gear GW370-0,6 (při zatížení)	0,45	1:20	0,0225	1,35	25,00

V tabulce jsou vypočítané různé poměrové varianty pro motor EQ-2 a GW370 a natáčení vidlici o průměru 810mm, které můžeme použít k natáčení montáže.

## 4.4 Pohon montáže

K tomu abychom mohli fotografovat, nebo se dívat na náš cíl, budeme potřebovat pohon na montáž. Manuální pohon je dobrý jen na vizuální pozorování, proto potřebujeme na pozorování použít motorizované pohony. Na pozorování v naší situaci je nejvhodnější hodinový stroj, který zajišťuje rovnoměrný pohyb montáže, tak aby se nám pozorovaný objekt neztrácel ze zorného pole dalekohledu. Při větším zvětšení pozorovaného objektů a astrofotografie je hodinový strojek nutností. Většina firem vyrábějící astronomické dalekohledy, prodává i tyto hodinové pohony. Pokud si sám člověk nevyrobí či nekoupí pohon s optimálními otáčkami, má možnost si koupit určitý typ pohonu na danou montáž. Protože máme naši montáž konstruovanou tak, že osa natáčení je shodná s polární osou potřebujeme jen jeden motor na natáčení deklinační (polární osy). Na to je právě nejvhodnější hodinový motor. Prodejci nabízejí jak samostatné motory, tak i motory s ovládáním pro jemné doladění zorného pole.

Nejprodávanější :

### **SKY-WATCHER HODINOVÝ STROJ pro EQ-1**

Hodinový strojek pro montáže EQ-1 (refr. 70/900mm, Newtony 114/900). Po instalaci umožňuje automatické sledování vyhledaného objektu. Zdroj 1x baterie 9V.

### **SKY-WATCHER HODINOVÝ STROJ pro EQ-2/CG-3**

Hodinový stroj pro montáže Sky-Watcher EQ-2 nebo Celestron CG-3. Zdroj - 8x tužkové baterie.

### **SKY-WATCHER HODINOVÝ STROJ pro EQ-2/CG-3 DE LUXE**

Hodinový stroj a jemné elektrické pohyby v rektascenzi pro montáže Sky-Watcher EQ-2 nebo Celestron CG-3. Zdroj - 8x tužkové baterie. Ovladač.



Obr. 32 EQ-2/CG-3 DE LUXE a EQ-2 pohon[16]

Napájení hodinových pohonů lze s použitím síťových zdrojů, akumulátorových baterií nízkokapacitní nebo baterie z vyšší kapacitou. Předpokládáme, že montáž bude mobilní a tím nám odpadá síťový zdroj. Takže můžeme použít tyto zdroje

### **Akumulátorové baterie**

Jsou lehké, přenosné a je možnost mít větší množství sad sebou. Nevýhoda těchto baterií je malá kapacita. Abychom dosáhly určitou kapacitu, musíme propojit články baterií mezi sebou.

### **Přenosný akumulátor (autobaterie)**

Můžeme použít klasickou autobaterii, ale ta je dost těžká a při použití motoru na 6v a 9v musíme použít transformátor. Nejvhodnějším typem přenosného akumulátoru je:

Celestron PowerTank 17Ah/12V

Zdroj k jakémukoliv dalekohledu nebo pro kempingové využití. Navíc AM/FM rádio, reflektor 800.000cd, červená svítidla, poplašná siréna, startovací kabely jako nouzový zdroj do auta. Vstup přes adaptér 230V/15V, výstupy 2x12V, 3, 6 a 9V. Řemen přes rameno. Existuje i levnější varianta s menší kapacitou, bez rádia a startovacích kabelů. PowerTank nabízí i Sky-Watcher [17]



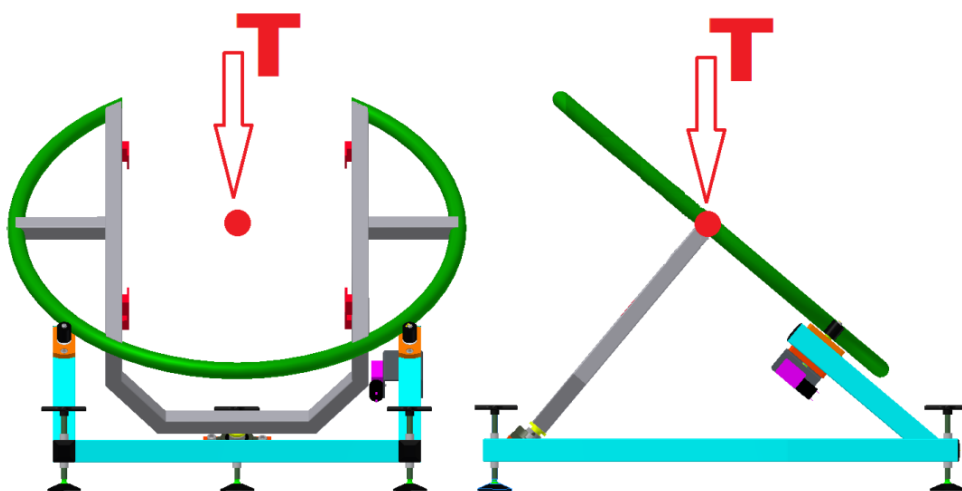
Obr. 33 Zdroje prodávané firmou Sky-Watcher[17]

## 5. Výpočet deformace

Pro kontrolu pevnosti celé konstrukce jsem použil program Inventor 2014. Využil jsem metodu konečných prvků MKP. Dále jsem zkontroloval těžiště polohovacího dalekohledu, pro stabilitu celého dalekohledu.

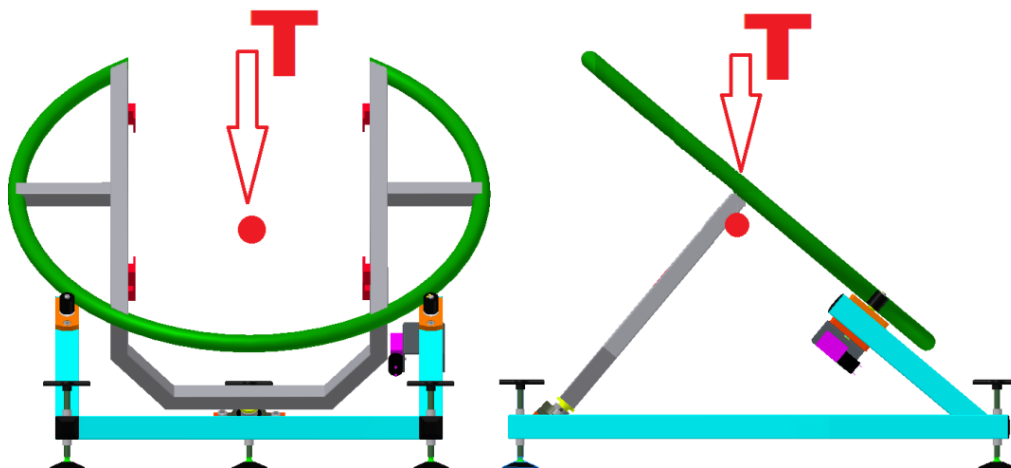
### Těžiště

V programu Inventor 2014 jsem si zkontroloval těžiště dalekohledu vložený do vidlice montáže, které má své těžiště v ose natáčení rektascenze a deklinace viz obr 34, kde T znamená těžiště.



Obr. 34 těžiště dalekohledu

Vlivem tíhy a gravitace nám dalekohled působí silou 200 N na vidlici polohovacího zařízení. Ta se dotýká třemi body základny polohovacího zařízení a to o dva opěrné body, a třetím bodem je vložena do ložiskového domku typu UCFL. S váhou a velikostí základny se nám těžiště posunulo dolů do rámu a tím jsme získali stabilní konstrukci viz obr 35.

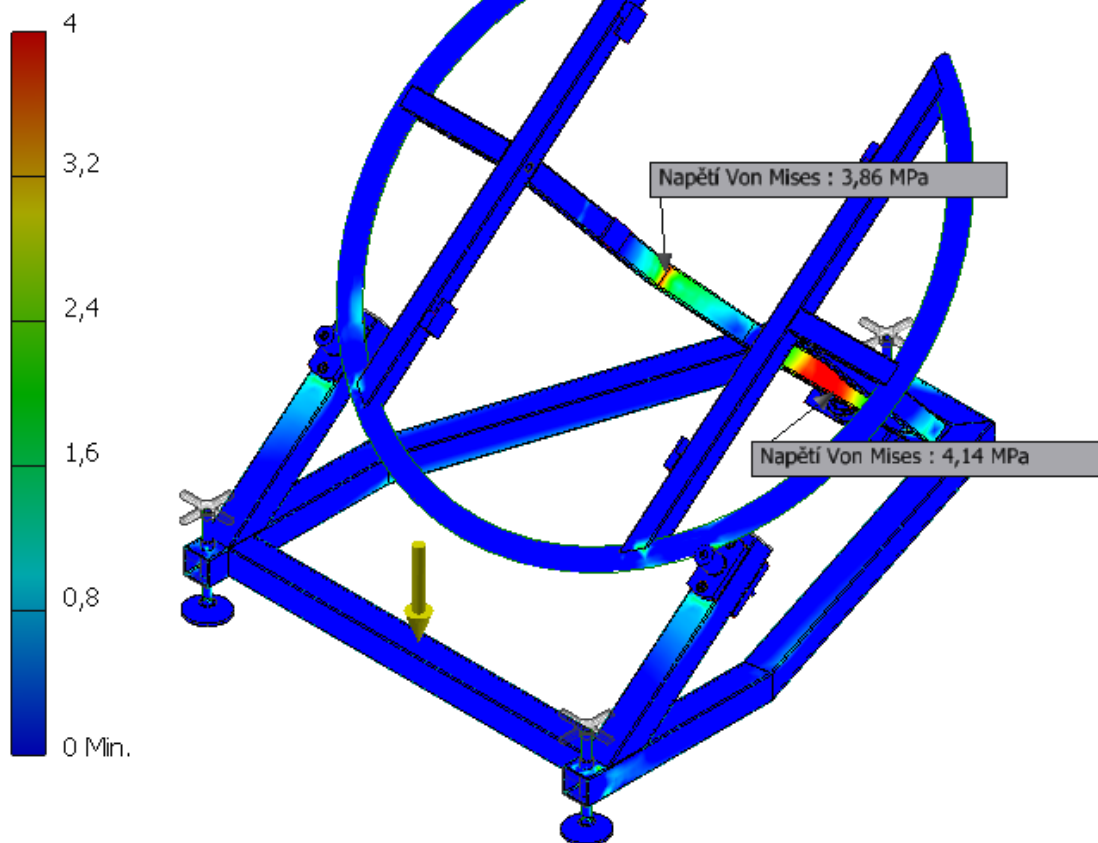


Obr. 35 Těžiště celého dalekohledu

### Výpočet MKP

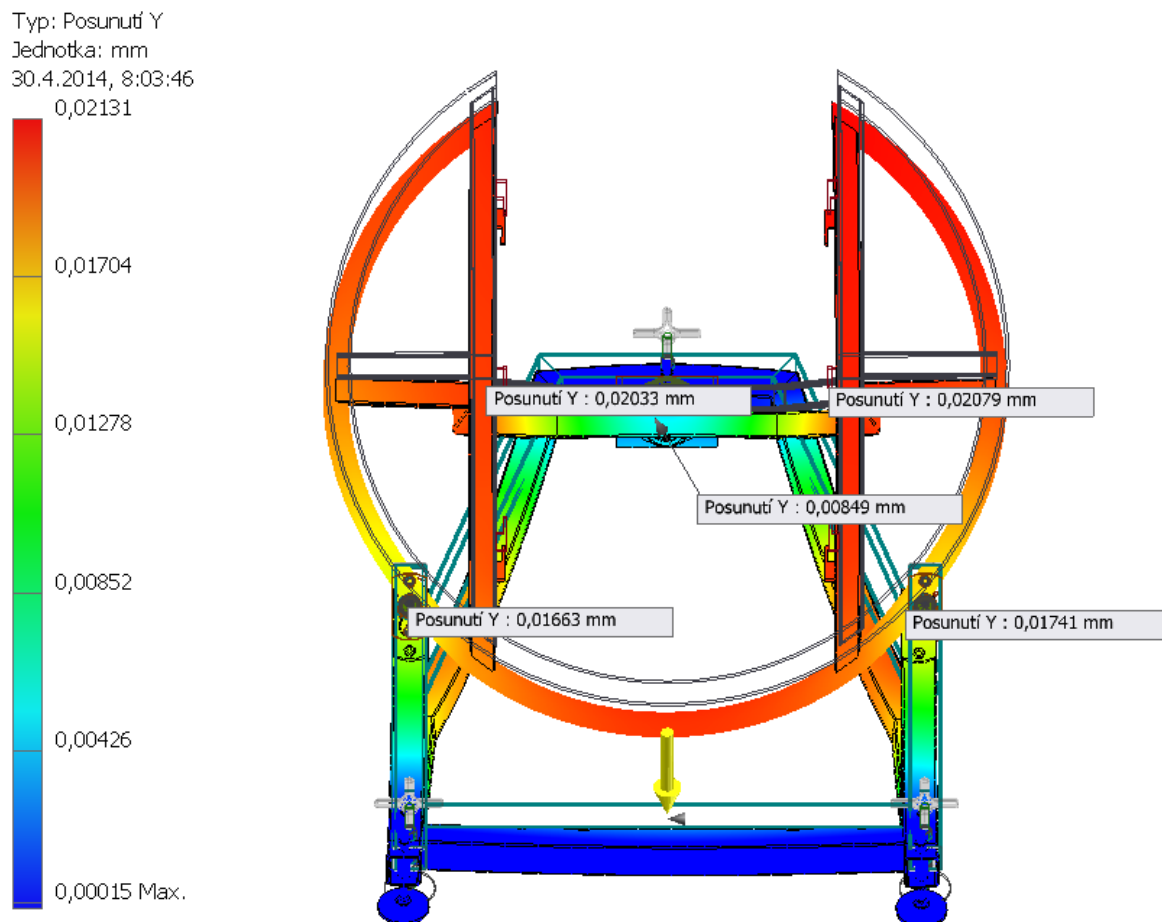
Metodou konečných prvků MKP jsem se ujistil, jestli působící síly působí na místa, kde by mohly nastat deformace. Vzhledem k nízkému zatížení polohovacího zařízení nebylo prvořadé zkoumat napětí v rámu viz obr.36, ale důležitější je posunutí v bodech dotyku rámu a natáčecí vidlice. Podle výpočtů napětí Von Mises nám vyšlo 4,14 MPa .

Typ: Napětí Von Mises  
Jednotka: MPa  
2.5.2014, 13:26:35



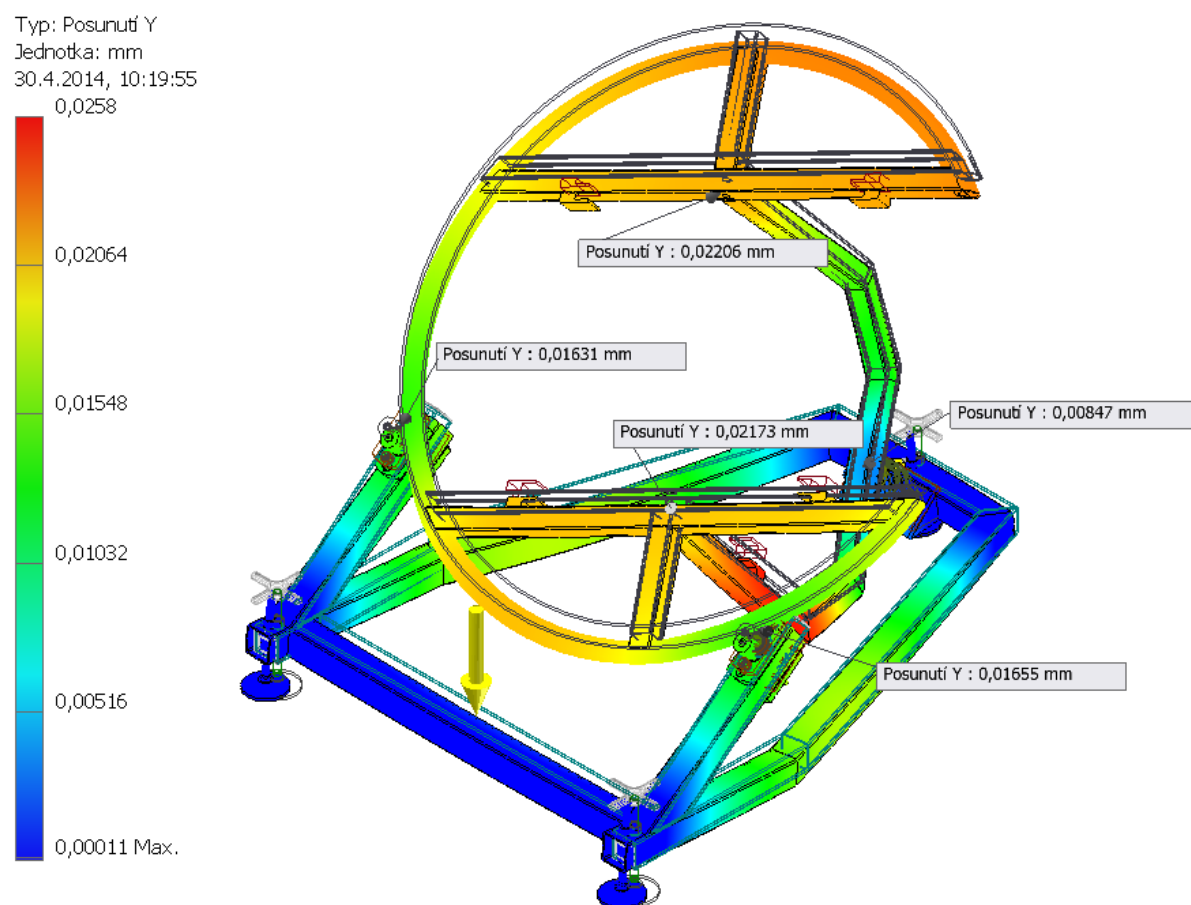
Obr. 36 Napětí Von Mises

Hlavně nás zajímá posunutí v místech dotyku, zda se nám nevychýlí osa natáčecí vidlice. Ze simulace nám vyšlo posunutí v délce o 0,0004 mm a vychýlení do strany 0,00002 mm a nejdůležitější posunutí výšky 0,02 mm. Rozdíl mezi body je 0.01 mm viz obr. 37. Tyto výsledky nám ukázali posunutí, které se dají korigovat zadní nastavitelnou nožkou.



Obr. 37 Posunutí v Y (výška montáže)

Pro jistotu jsem ještě prozkoumal posunutí při natočení vidlice viz obr.38 a vyšlo nám podobné posunutí jako u první analýzy.



Obr. 38 Posunutí v Y (výška montáže) při natočení



## 6. Závěr

Touto prací jsem chtěl poukázat na problematiku konstrukce hvězdářského polohovacího zařízení. Existuje mnoho variant a druhů systému jak natáčet různé druhy dalekohledů nebo nějaké optiky. Cílem této práce je vytvořit co nejuniverzálnější polohovací zařízení, které by mělo splňovat tyto kritéria ( univerzálnost dílů, lehká konstrukce, přenositelnost a cenová dostupnost). Udělal jsem rešerši dalekohledů a jejich výhody a nevýhody. Představil jsem typy montáží a jejich využití. Nedílnou součástí je i vysvětlení některých pojmů týkajících se otáčení země, pozorovací vlastnosti a vlivy pozorováním hvězdářského dalekohledu a tím si dát pozor na konstruování montáže pro daný dalekohled. Snažil jsem se využít co nejvíce normalizovaných či nakupovaných dílů od různých firem, abych docílil co největší dostupnosti a opravu schopnosti montáže, případné poruchy nebo náhrady či výměny za jinou součást. Tato problematika je velmi rozsáhlá a nepřehledná a chtěl jsem vytvořit a vysvětlit alespoň částečně z velkého okruhu poznatků a empirických znalostí. Zabýval jsem se motorizací dané montáže a výpočtem pro přesné natáčení konstrukce s hvězdnou oblohou. V programu Inventor 2014 jsem zkoumal výsledky vlivů působení sil na montáž jak v základním postavení, tak i v různých polohách natočení a hledal jsem předpokládané místa deformace. Touto prací jsem zkonstruoval polohovací zařízení, které je plně funkční a splňuje mé požadavky, které jsem si kladl na začátku své práce.

## Použitá literatura:

- [1] *Astrology Pacific: Souřadnicové systémy* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <[http://astrolot.cz/a\\_v\\_obrazech/3astro\\_v\\_obrazech.html#III1zem](http://astrolot.cz/a_v_obrazech/3astro_v_obrazech.html#III1zem)>
- [2] *JULIUS JANČAŘÍK: Konstrukce Německá paralaktické montáže* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=41410](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41410)>
- [3] *Astronomický ústav AV ČR: Světelné znečištění* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.asu.cas.cz/svetelne-znecisteni>>
- [4] *Supra Praha: Automatizované astronomické montáže* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.supra-dalekohledy.cz/montaze0/navadene-goto/>>
- [5] *Hvězdárně a planetáriu Brno: Astronomické montáže* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.hvezdarna.cz/astrokurz/index.php?kurz=2&kapitola=9&podkapitola=55>>
- [6] *TRHON: teorie* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.trhon.cz/astro/teorie>>
- [7] *ALDEBARAN: Dalekohledy* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/orientace/dalekohledy.html>>
- [8] *Supra Praha: pozorovací podmínky* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.supra-dalekohledy.cz/clanky/pozorovaci-podminky/>>
- [9] [www.nitelite.eu/www/ruzne/axel/poncetka.doc](http://www.nitelite.eu/www/ruzne/axel/poncetka.doc)
- [10] *Saunalahti.fi: DOBSONIEN EKVATORIAALINEN JALUSTA* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.saunalahti.fi/~jsobser/ekvatjalusta.htm>>
- [11] *JURYKO, s.r.o.: Montáže astronomického dalekohledu* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.juryko.cz/astronomie/item/14-mont%C3%A1%C5%BEE-astronomick%C3%A9-dalekohledu>>
- [12] *Hvězdárně a planetáriu Brno: Astronomické montáže* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.hvezdarna.cz/astrokurz/index.php?kurz=2&kapitola=9&podkapitola=58>>
- [13] *Supra Praha: montáže* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.supra-dalekohledy.cz/montaze0/>>
- [14] *František Bílek: Montáž* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://web.quick.cz/frantabilek/vybaveni/montaz/montaz.html>>
- [15] <http://www.astro-forum.cz/cgi-bin/yabb/YaBB.pl?num=1251293055>
- [16] *Supra Praha: pohony montáží* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <<http://www.supra-dalekohledy.cz/montaze0/pohony-motory/>>
- [17] *Supra Praha: zdroje* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.supra-dalekohledy.cz/prislusenstvi4/doplunky8/zdroje/>

- [18] *JURYKO, s.r.o.: Teleskopy* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.idalekohledy.cz/teleskopy-astronomicke-dalekohledy-i>
- [19] *GW370: Gear Motor* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.ebay.co.uk/sch/i.html?from=R40&sacat=0&nkw=motor+GW370&sop=2>
- [20] *T.EA. TECHNIK s.r.o.: převody* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.teatechnik.cz/download.php?file=doc/katalogy/prevody.pdf>
- [21] *SUNAP: Katalog produktů* [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.sunap-plasty.cz/download.php?id=2486g>
- [22] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Druhé doplněné vydání. Úvaly: ALBRA, 2005, 907 s. ISBN 80-736-1011-6.

**SEZNAM PŘÍLOH**

NÁZEV	ČÍSLO VYKRESU	FORMÁT	TYP VÝKRESU
Základna 1 část	100.1	A4	výrobní
Základna 4 část	100.2	A4	výrobní
Základna 2 část	100.3	A4	výrobní
Základna 5 část	100.4	A4	výrobní
Základna 3 část	100.5	A4	výrobní
Podložka UCFL	100.6	A4	výrobní
Výztuha	100.7	A4	výrobní
Uložení ret. šroubu	100.8	A4	výrobní
Základna	100	A2	sestavný
Domek ložiska 1	200.2	A4	výrobní
Domek ložiska 2	200.3	A4	výrobní
Hřídel	200.5	A4	výrobní
Hřídel motor	200.6	A4	výrobní
Gumová rolna	200.13	A4	výrobní
Stojan	200	A1	sestavný
Čep vidlice	300.1	A4	výrobní
Vidlice 1 část	300.2	A4	výrobní
Vidlice 2 část	300.3	A4	výrobní
Natáčení	300.4	A4	výrobní
Vidlice 3 část	300.5	A4	výrobní
Vidlice 5 část	300.6	A4	výrobní
Vidlice 4 část	300.7	A4	výrobní
Doraz dalekohledu	300.8	A4	výrobní
Vidlice	300	A2	sestavní
Držák motoru	400.1	A4	výrobní
Hřídel šneku	400.4	A4	výrobní
Převod motoru	400	A3	sestavní
Polohovací zařízení	500	A1	sestavní

**Příloha CD**

Bakalářská práce

Výkresová dokumentace (zip)